



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**A PERSPECTIVA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**

JOHNNY HEBERT SILVA DE LIMA

NATAL - RN

2019

JOHNNY HEBERT SILVA DE LIMA

## **A PERSPECTIVA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como Requisito Parcial à Obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Marciano Furukava.

NATAL - RN

2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Lima, Johnny Hebert Silva de.

A perspectiva da energia eólica no Brasil / Johnny Hebert  
Silva de Lima. - 2019.

35f.: il.

Monografia (Graduação)-Universidade Federal do Rio Grande do  
Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental,  
Natal, 2019.

Orientador: Dr. Marciano Furukava.

1. Energia eólica - Monografia. 2. Termoelétrica -  
Monografia. 3. Hidroelétrica - Monografia. I. Furukava,  
Marciano. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 621.548

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

A perspectiva da energia eólica no Brasil

e aprovado por todos os membros da Banca examinadora foi aceita pelo Curso de Engenharia Ambiental e homologada pelos membros da banca, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Natal, 11 de Junho de 2019

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marciano Furukava (Orientador)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

---

Prof. Msc. Márcio Furukava – Avaliador Externo  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

---

Msc. Kleber Cavalcante de Sousa – Avaliador  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

## **DEDICATÓRIAS**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a minha família, ao orientador, por ter me dado todo o apoio necessário para que eu chegasse aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, seu corpo docente, direção e administração que me proporcionou a chance de expandir os meus horizontes.

A minha família, meus pais e meus irmãos pelo apoio e pela compressão, pelo amor e apoio incondicional.

A meu orientador Marciano Furukava, pela qual tenho muita estima e admiração, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos e que teve papel fundamental na elaboração deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

Na atualidade, há uma busca constante por tecnologias que forneçam uma maior eficiência energética e um menor impacto ao ambiente como um todo. Por esta razão, as energias alternativas e renováveis tem sido o foco de diversas pesquisas em todo o mundo. Nos últimos anos, o desenvolvimento das tecnologias eólicas tem se expandido significativamente, acarretando na redução de custos. Buscou-se realizar um estudo objetivando a análise da energia eólica no Brasil, dada à importância da diversificação da matriz energética nacional. Priorizando os benefícios econômicos e ambientais, ao decidir por implantar a usina eólica. Esse estudo levou em consideração os custos de implantação, operacionais e de manutenção, além dos fatores naturais que envolvem todas as principais fontes produtoras de eletricidade no país. Percebeu-se que é essencial uma menor dependência de fontes como as das hidroelétricas e termoelétricas, pois fatores como o baixo índice de pluviosidade e elevação de Gases de Efeito Estufa, podem ser extremamente prejudiciais à segurança da sociedade.

**Palavras-chave:** Hidroelétrica; Termoelétrica; Energia eólica.

## **ABSTRACT**

Nowadays, there is a great search for technologies that provide more energy efficiency and less impact on the environment. Therefore, the alternative and renewable energies have been the focus of several researches around the world. Lately, the development of wind technologies has grown significantly, leading to cost savings. The aim of this research was to analyze the wind energy in Brazil, given the importance of the diversification of the national energy matrix, prioritizing economic and environmental benefits, when deciding to implement the wind farms. This study considered deployment costs, operating costs and maintenance costs, furthermore, the natural factors that involve all the main sources of electricity in the country. It was visible that less dependence on sources such as hydroelectric and thermoelectric sources is essential, as factors such as the low rainfall and elevation of Greenhouse effect Gases can be extremely harmful to the security of society.

**Keywords:** Hydroelectric; Thermoelectric; Wind energy.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Oferta de energia por fonte no Mundo.....	14
Figura 2 – Oferta de energia por fonte no Brasil.....	15
Figura 3 – Oferta interna de energia elétrica.....	15
Figura 4 – Oferta interna de energia elétrica.....	16
Figura 5 – Modelo do Poste Eólico.....	18
Figura 6 – Distribuição da Frequência da Velocidade dos Ventos.....	19
Figura 7 – Turbina Eixo Vertical Modelo Darrius .....	22
Figura 8 – Turbina Eixo Vertical Modelo Savonius .....	22
Figura 9 – Turbina Eixo Vertical Modelo Darrius-Savonius.....	22
Figura 10 – Turbina Eixo Horizontal .....	23
Figura 11 – Direção do vento em turbinas upwind e downwind.....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica.
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica.
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica.
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco.
EIA	Estudo Prévio de Impacto Ambiental.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
GEEs	Gases do Efeito Estufa.
LI	Licença de Instalação.
LL	Licença de Localização
LO	Licença de Operação.
LP	Licença Prévia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.
MW	Megawatt.
PROEÓLICA	Programa Emergencial de Energia Eólica.
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
UEL	Usina Eólica
UHE	Usina Hidroelétrica
UTE	Usina Termelétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>13</b>
2.1	TIPO DA PESQUISA.....	13
2.2	POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1	BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL.....	14
3.2	ENERGIA EÓLICA.....	16
3.3	CONVERSÃO EM ENERGIA EÓLICA.....	18
3.4	ASPECTOS DA ABRANGÊNCIA DA FONTE EÓLICA.....	20
3.5	TIPOS DE EÓLICO.....	21
3.5.1	Turbina de Eixo Vertical.....	21
3.5.2	Turbina de Eixo Horizontal.....	23
3.6	CUSTOS DE INVESTIMENTOS.....	25
3.6.1	Análise Comparativa.....	25
3.7	ASPECTOS AMBIENTAIS.....	26
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A obtenção da energia elétrica é um fator fundamental para o crescimento do país, é através da utilização da energia é que podemos manter alimentos conservados, bens do consumo, serviços e laser. Assim com o passar do tempo cada vez mais nos tornamos dependentes deste artifício, todo nosso acréscimo financeiro, social e cultural, está ligeiramente atrelado ao aumento das tecnologias elétricas do nosso país.

A partir do transporte e iluminação pública em 1879 onde fora relatada a utilização pela primeira vez da fonte de energia elétrica, aos poucos foi se distribuindo a utilização para outros locais. Este uso só se tornou ainda mais expressivo após a segunda grande guerra, devido ao crescimento industrial e a urbanização localizada aos seus redores.

A energia é um auxílio básico para as necessidades humanas sendo utilizadas em distintas regiões e espacialidades geográficas. Cada continente está unido as suas soluções energéticas, o país deve ter as pessoas e os órgãos conhecedores para aproveitar estes recursos ao máximo sem afetar o meio ambiente e ao mesmo tempo seu desenvolvimento, tendo a recuperação natural destes recursos (RAMPINELLI, 2012).

No Brasil a maior produção eólica está localizada no Rio Grande do Norte, que tinha um potencial instalado em 2013 de 1.340 MW<sup>1</sup> de potência e no final de 2018 mais que dobrou essa realidade com quase 3.800 MW de potência. Além da importância para desenvolvimento regional na ampliação da produtividade energética e o não uso dos recursos fósseis, essa expansão da rede eólica traz benefícios ambientais. Com este intuito, os investimentos nesta e outras fontes de se produzir energia limpa, deve ser mais intensificado em outras regiões do país.

Pois, essa fonte energética pode sanar momentaneamente a questão da falta de combustível fóssil ou mesmo os baixos níveis de água por falta de chuvas, estas aplicações dos campos eólicos devem ser expandidas a fim de gerar uma maior condição de resultados, assim pode-se garantir o aprimoramento e a não dependência destas fontes não renováveis.

---

<sup>1</sup> MW - Megawatt, é uma unidade de medida correspondente a 10<sup>6</sup> watts.

Embora a produção de energia eólica seja um contexto velho nos ambientes literários e científicos, o empenho no seu emprego é um argumento bem atualizado, sobretudo em países em fase de crescimento como Brasil. Assim, toda notícia conexa a esse assunto é de extraordinária acuidade no contexto atual. Desta forma, o fundamental objetivo desse trabalho é alcançar um estudo sobre energia eólica a fim de lançar uma fonte de análise para aceitáveis investidores nesse tipo de criação. Foi enérgico por acercar-se de temas econômicos e ambientais, na sequência, alcançar a checagem desses critérios com os das usinas hidrelétrica (UHE) e termelétrica (UTE), para que significasse possibilidade de medir e definir sobre a viabilidade da prática das torres/usinas eólicas no Brasil. Realizar toda revisão bibliográfica para possível entendimento do assunto; Sintetizar artigos mais relevantes relacionados aos critérios econômicos e ambientais referentes à usina eólica e compará-los aos das usinas hidrelétrica e termelétrica a carvão; Realizar análise crítica do material pesquisado; Propor possíveis melhorias.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho fora utilizado o princípio de pesquisa de vários autores, onde foi definido uma estratégia ao ponto de selecionar os artigos em que os critérios escolhidos influenciassem futuros pesquisadores a reutilizarem as informações e os dados colhidos nesta revisão. Nesta acepção, foi feito um breve levantamento contendo a palavra “Energia Eólica” a conversão do vento em energia eólica, o que está relacionado a abrangência da fonte eólica, os principais tipos de aplicação desta produção de energia limpa aqui no Brasil.

Depois de uma leitura dos trabalhos, alistando os discernimentos indicados, foram descritos os relatos seguidos, todos devidamente conforme entendimento do autor, considerando, título, onde foi descrito, período da publicação, local de pesquisa. Depois, desta análise e da resolução foram separadas as com ênfase sobre a energia eólica no Brasil.

### 2.1 TIPO DA PESQUISA

Quanto à abordagem a pesquisa, ela é qualitativa, de acordo com Silva e Menezes (2011) consideram a pesquisa qualitativa como uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.

Em relação à natureza da pesquisa, ela é aplicada, segundo Gil (2010) toda pesquisa tem seus objetivos, que tendem, naturalmente, a ser diferentes dos objetivos de qualquer outra.

### 2.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

De acordo com Gil (2010) comenta que o objetivo da amostra é procurar locais, pessoas ou fatos que maximizem oportunidades de descobrir variações entre conceitos. Por isso é que a amostragem, em vez de ser predeterminada, desenvolve-se durante o processo. Para Marconi; Lakatos (2001) conceituam universo como um conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

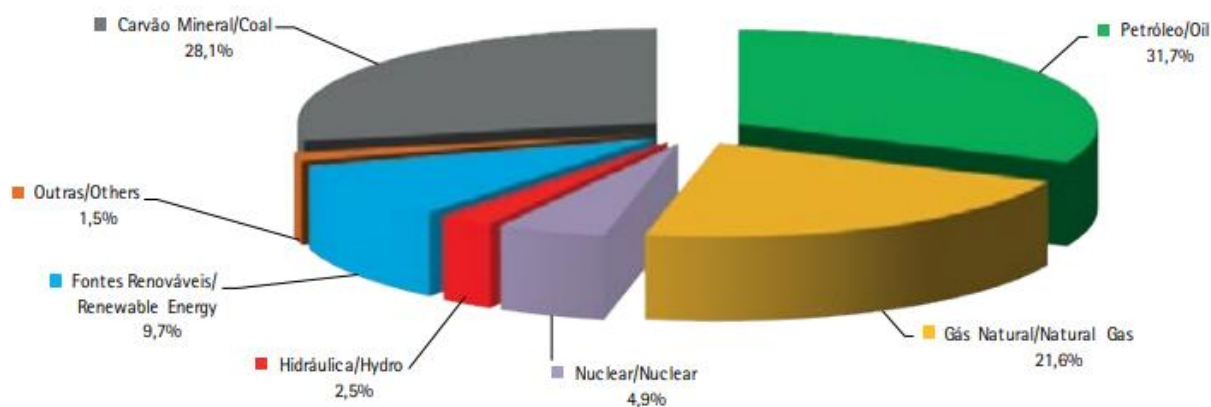
Neste levantamento foi efetivado todo o esboço teórico imperativo para o entendimento do trabalho. Fora especificado as reações econômicas e sociais devido às informações colhidas através da pesquisa e o potencial que existe no Brasil para implantação de novos centros de produção eólica.

#### 3.1 BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

Conforme apontam dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2017), o Brasil se destaca quando comparado o consumo de energia renovável com a média mundial que é de apenas 12,2% (figura 1) contra 42,9% (figura 2) no país.

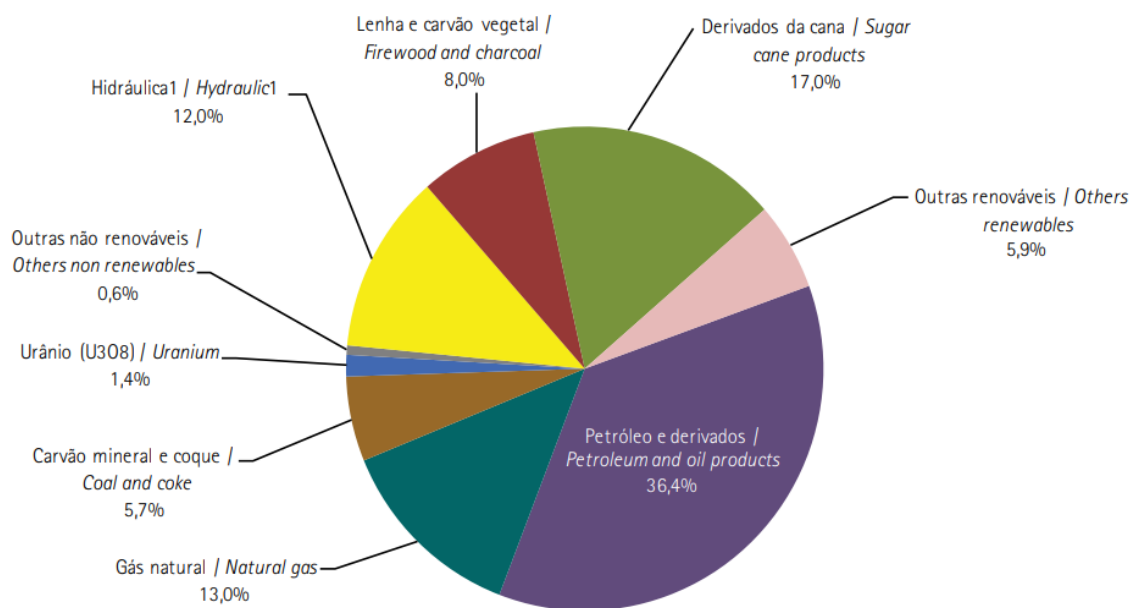
Figura 1 – Oferta de energia por fonte no Mundo.

Total: 13.541 10<sup>6</sup> tep (toe)



Fonte: (MME, 2017)

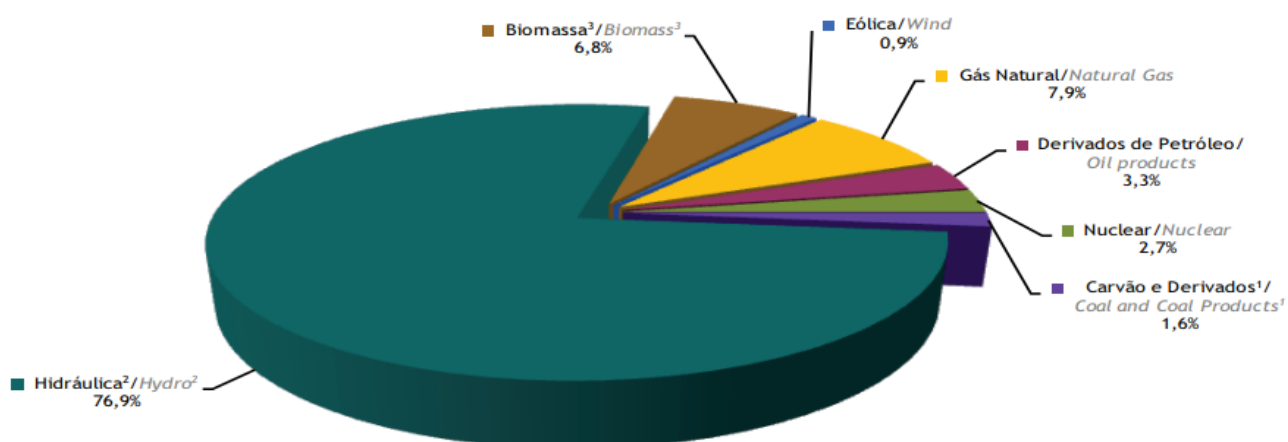
Figura 2 – Oferta de energia por fonte no Brasil.



Fonte: (MME, 2017)

No Brasil, as fontes energéticas renováveis como as hidroelétricas e a cana-de-açúcar são as de maiores representatividade devido ao contexto histórico de políticas adotadas ao longo dos anos. Entretanto novas tecnologias tem se expandido rapidamente como é o caso das eólicas, que experimentou um crescimento vertiginoso nos últimos anos, saltando de uma representatividade de 0,9% (2012) para 6,8% (2017) no setor elétrico brasileiro (MME, 2017).

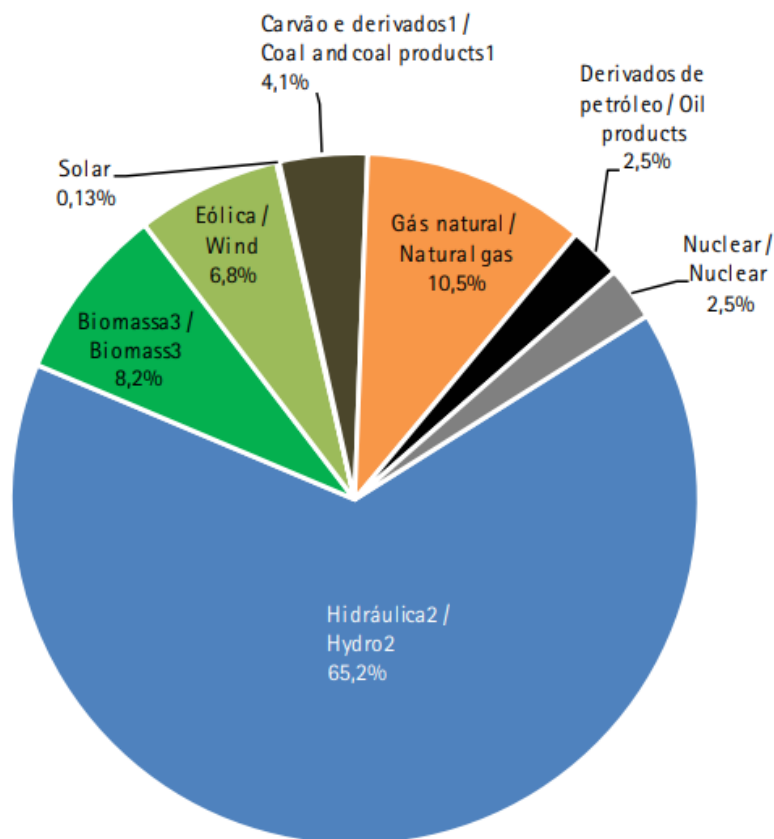
Figura 3 – Oferta interna de energia elétrica.



Fonte: (MME, 2012)



Figura 4 – Oferta interna de energia elétrica.



Fonte: (MME, 2017)

O setor elétrico nacional ainda é abastecido em sua maior parte por hidroelétricas que por sua vez são extremamente voláteis aos fenômenos naturais, como longos períodos de secas que podem afetar significativamente sua capacidade produtiva. Como consequência para suprir a necessidade energética, entram em operação as usinas termoelétricas, encarecendo os custos para os consumidores.

### 3.2 ENERGIA EÓLICA

É a eólica é a energia que o homem adquire com a passagem dos ventos, ou seja, é a energia cinética refreada nas massas de ar contidas e circulantes nas regiões do país. Os ventos são determinados pela diferença de aquecimento dos raios solares sobre a superfície da terra. Acarretando assim os altos e baixos de temperatura em diferentes regiões do mesmo país. O ar quente é mais leve e menos denso e tende a subir no sentido das regiões polares ou mais perto dos polos, essas regiões ficam com maior volume de ar.

Esta agitação do ar ao redor da Terra, transforma as temperaturas extremas em calor e lança ventos constantes o que facilita a transformação eólica, apenas os ventos das classes atmosféricas mais baixas são abertos para a o convertimento em energia eólica. Essa avaliação pode ser feita por que apenas 2% da energia solar são aspiradas na crosta da terra, isso transforma a energia cinética dos ventos, esta porcentagem pode parecer baixa, mas é muitas vezes maior que as potências das centrais elétricas espalhadas pelo mundo (CRESESB, 2014).

Esta força energética transformada em meio mecânico pode se observadas em movimentação de barcos a vela, rotação das hélices de moinhos, em bombeamentos, moagem de grãos, etc. Contudo para obter e produzir energia elétrica todo processo é mais atual, existindo escritas de esboço no século XIX, mas sendo firmada apenas em 1970, devido na época a uma crise eminente no combustível (petróleo) (REIS, 2011).

O bom emprego da energia eólica consiste na conversão da energia cinética (vento), no movimento de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também chamadas de aerogeradores, como mostra um exemplo abaixo na figura 5.

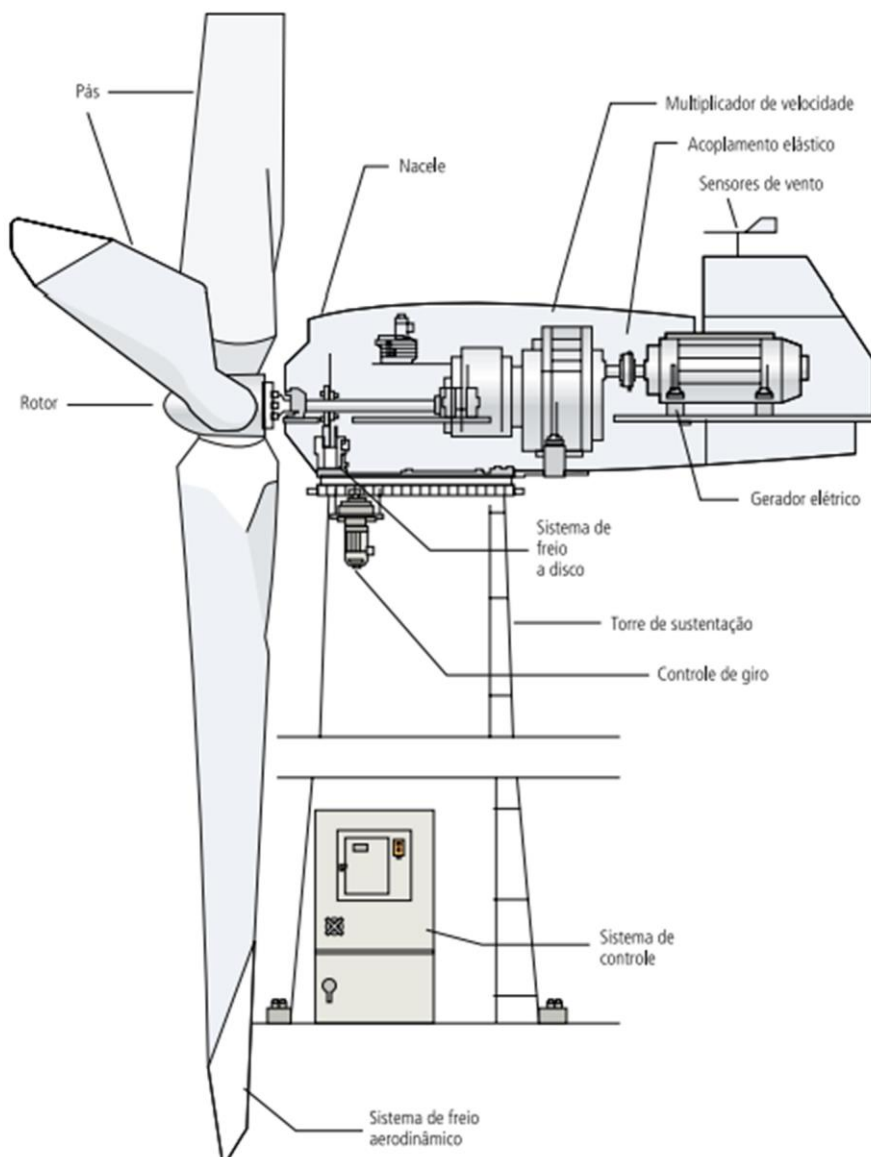
A negociação do primeiro aerogerador para o Brasil aconteceu em 1992, diante do patrocínio do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter e da parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE).

A classificação do direcionamento dos ventos, como sua amplitude, é alcançada através de anemômetros acomodados a 10m do solo, sensores estes que fazem a alimentação destas informações. Esses dados são impressos em mapas cartográficos, com a marcação de velocidade média, e isolinhas<sup>2</sup> de calma, isolinhas de velocidade máxima e isolinhas de fluxo de potência média ou potência média bruta (REIS, 2011).

---

<sup>2</sup> **Isolinhas** - são linhas desenhadas para ligar lugares diferentes que partilham um valor comum. O prefixo ISO é uma palavra grega que significa igual, portanto, uma **isolinha** deve ser uma linha que une pontos iguais.

Figura 5 – Modelo do Poste Eólico.



Fonte: Centro Brasileiro De Energia Eólica – CBEE

### 3.3 CONVERSÃO EM ENERGIA EÓLICA

Como antigamente, os moinhos eram utilizados para transformar os ventos em força mecânica para moer grãos e beneficiar os homens. Entretanto, hoje em dia, a energia eólica concebe uma fonte renovável para geração de energia elétrica. O convertimento da energia cinética<sup>3</sup> dos ventos em eletricidade é feita através de aerogeradores, que são constituídos, basicamente, por: turbina ou rotor eólico;

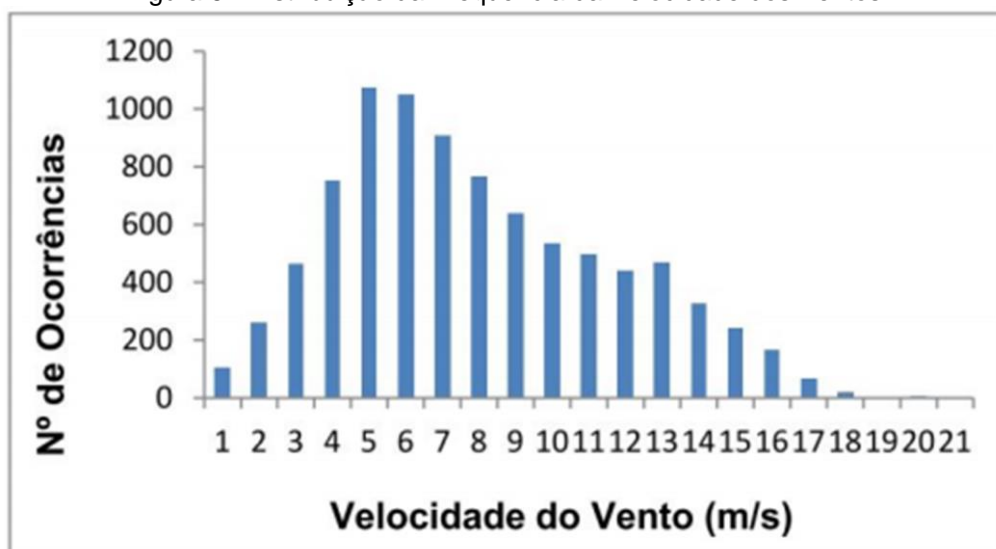
<sup>3</sup> **Energia cinética** - é um tipo de **energia** que está relacionada com o movimento dos corpos. O resultado da **energia cinética** está intrinsecamente ligado ao valor da massa do objeto e a sua velocidade de movimento.

sistemas integrados ou auxiliares, como o sistema de orientação, a caixa de multiplicação de velocidade, e o sistema de segurança; e um gerador elétrico, conforme (Figura 5).

O rotor movido por pás ou hélices que transformam a energia dos ventos que causam seus movimentos em energia mecânica com a rotação. Os outros dois podem ser diagnosticados pela transmissão mecânicas do movimento e a multiplicação de velocidade de rotação e por fim o gerador que trabalha como responsável em transformar essa rotação em energia elétrica. Dentro desta produção existe o sistema de segurança que nada mais é que “freios” que controlam os giros das turbinas em casos de variação de ventos não esteja dentro dos limites estruturais.

Os ventos não são devotados e a ligação da turbina com gerador, pode provocar abalos na tensão de energia gerada, esta abundância de eletricidade deve estar amarrada a quatro situações: a nomenclatura, ou seja, a quantidade do vento como ele faz o movimento das hélices, o diâmetro que foi mensurado essa hélice, o dimensionamento e o rendimento do gerador que fora estipulado para aquele serviço.

Figura 6 - Distribuição da Frequência da Velocidade dos Ventos.



Fonte: (TUCHTENHAGEN; BASSO; YAMASAKI, 2014)

Como mostra a (Figura 6), o gráfico onde a curva tem seu maior índice de irrelevância e a partir da qual todas as outras podem ser obtidas é a da frequência das velocidades, que fornece o período de tempo em que uma determinada velocidade foi observada. Como exemplo, o gráfico abaixo, retirado de

Tuchenhagen, Basso e Yamasaki (2014), mostra a distribuição de velocidades do vento em Natal/Rio Grande no Norte. Os dados foram medidos desde às 00:00UTC do dia 01/01/2011 às 24:00UTC do dia 01/12/2011, utilizando um passo de tempo de 75 segundos a um nível de altura de 70m.

Percebe-se da (Figura 6) que o maior número de ocorrências está entre 5m/s e 7m/s e que mais de 55% das velocidades registradas são maiores que 7m/s. Outra informação muito relevante a ser anotado é a velocidade média, com os dados obtidos pode-se elaborar todo processo de maneira correta, pois, com as duas informações pode-se projetar em caráter adequado, as velocidades de partida e de corte do aerogerador (REIS, 2011).

Toda energia que a velocidade pode dispor para uma turbina eólica é a energia cinética adjunta a uma coluna de ar que se desarticula a uma velocidade  $v$  (m/s), atravessando uma área  $A$  ( $m^2$ ) do rotor da turbina e deslocando uma massa  $\rho Av$  (kg/s), em que  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) é a massa específica do ar. A potência disponível do vento  $P_d$  (W), pode então ser calculada (CAMPOS, 2004).

### 3.4 ASPECTOS DA ABRANGÊNCIA DA FONTE EÓLICA

Foi no ano 2012 comemoram da entrada de 2 GW de potência elétrica, instalada de energia eólica no sistema elétrico nacional, nesta configuração o Brasil termina este o ano com 2,5 GW na rede. Este fato representa a verdadeira entrada da indústria eólica no país, somente em um ano fora ampliado os parques eólicos com quase 110 projetos e ações a mesma ação que levou treze anos para ser implantada.

Estes dados demonstraram que ocorreu na época uma grande reestruturação das fontes alternativas para se obter energia. Isso possibilitava um abastecimento de mais de 4 milhões de residências, toda essa geração de fonte limpa gerou empregos diretos e indiretos, indústrias fabricantes instaladas no país, no ano de 2018 mais de 8,5 bilhões foram investidos e todo esse processo tem uma previsão de chegar ao ano 2020 com mais de 50 bilhões investidos.

O Brasil tem um avanço planejado e estudo em mais de 300 GW, na atualidade o país adquiri por meio de leilões a contratação de energia para suprir sua necessidade, com o potencial eólico planejado e disponível deve atender essa demanda e muito mais.

Analisando pelo lado socioeconômico a geração de empregos diretos e indiretos e a geração de renda em alugueis de terras improdutivas trazendo renda para regiões carentes do país, demonstra que a instalação dos parques eólicos não só traz benefícios a fonte renovável de energia, como também, renda extra para região onde é instalada desde o arrendamento das terras, empregos até o comercio. Sem contar o meio ambiente que agradece.

No ano de 2001, o Brasil se incidiu em uma crise energética, este problema acarretou em um estímulo maior para os investimentos eólicos, assim sendo, foi criado um programa denominado PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica), este programa não se desenvolveu e foi suprimido pelo PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica). Cerne, (2013) e Ciência Atual (2015)

### 3.5 TIPOS DE EÓLICO

A básica forma de diferenciar um aerogerador (Torre Eólica) é quanto à conformação do seu eixo principal. Existem, basicamente, dois tipos de aerogeradores, um com rotor de eixo vertical, e o outro com rotor de eixo horizontal.

#### 3.5.1 Turbina de Eixo Vertical

A primeira moenda de vento criada para bombear agua utilizava o sistema de eixo vertical como na (Figura 7). São na maioria das vezes mais baratos com investimentos menores, não precisam do mecanismo direcional, pois não depende da direção do vento para articular suas pás.

Outro benefício está em sua montagem, fácil acesso para instalação e manutenção, uma vez que, estes equipamentos podem ser montados em baixo no chão, o que significa um ponto negativo, a base destes equipamentos deve ser de uma área maior o que não é vantagem para terras produtivas.

Uma grande dificuldade está em projetar e montar estas turbinas em altitudes elevadas, o que denota que estes tipos de aerogeradores são instalados em baixas altitudes e trabalham com o ar adjunto ao solo que em certos casos acarretam sua maior desordem. Este motivo faz que sua eficácia seja mais lenta, resultando assim em sua menor geração de energia.

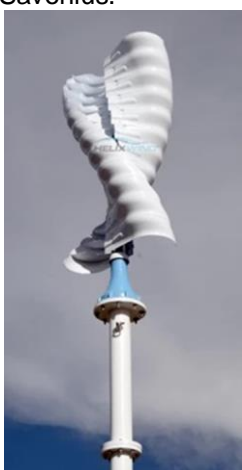
Figura 7 – Turbina Eixo Vertical Modelo Darrius.



Estes tipos turbinas eólicas são usados especialmente por ter um bom desempenho com ventos agitados e emitem desprezíveis planos de som em comparação às turbinas eólicas de eixo horizontal. Por essas razões esses tipos de aerogeradores são estimados e mais apropriados para regiões urbanas.

Além deste modelo Darrius temos outros dois que são considerados principais de eixo vertical.

Figura 8 – Turbina Eixo Vertical Modelo Savonius.



[www.eolicafacil.com.br/eixo-vertical](http://www.eolicafacil.com.br/eixo-vertical).

Figura 9 – Turbina Eixo Vertical Modelo Darrius-Savonius.



[www.eolicafacil.com.br/eixo-vertical](http://www.eolicafacil.com.br/eixo-vertical)

### 3.5.2 Turbina de Eixo Horizontal

Este modelo de montagem tende a ter o valor mais alto, mas, proporcionam maior ação e ganho. Por este motivo, são os mais versados e os mais empregados na produção de energia elétrica. Em oposto as turbinas de eixo vertical, este modelo horizontal utiliza o sistema de orientação, direcionando sempre as pás de frente ao vento, tirando maior proveito da movimentação das hélices.

O modelo horizontal possui uma torre onde sua estrutura pode ser de metal ou de concreto, possibilitando assim fixar os componentes da turbina na parte superior, sua altura vai ser estipulada para ventos com velocidade de (80 a 100 metros), sua base ocupa pouca área, outro atrativo em terras produtivas, pode-se manter a produção ao redor das instalações da torre, conforme mostra a (Figura 10).

Figura 10 – Turbina do Eixo Horizontal.



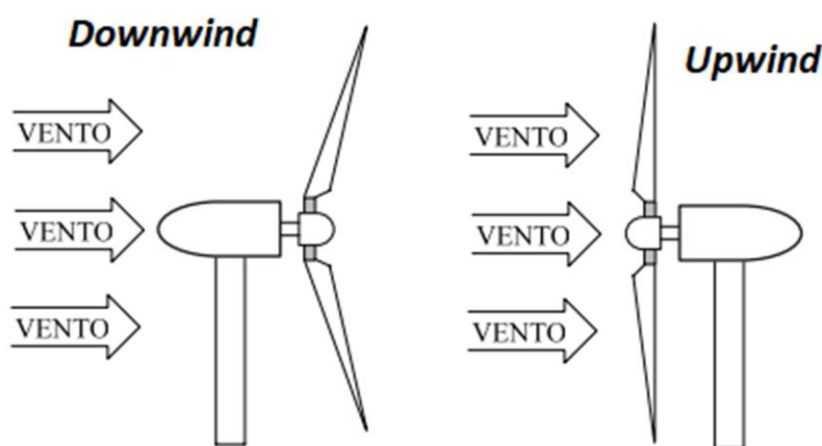
Fonte: [www.gettyimages.pt/](http://www.gettyimages.pt/)

As turbinas eólicas de eixo horizontal podem ser de uma, duas, três, quatro pás ou multipás. Da forma que for montada as pás devem ser contrabalanceadas para quando forem instaladas ela deve girar sem vibração. A torre com apenas duas pás é muito instalada, pois, é mais simples e requer um menor investimento, entretanto a turbina com três pás é mais instável difunde melhor as tensões em meio a rotação da máquina para seguir a direção do vento. Hoje em dia, o exemplo de rotores empregados nos aerogeradores modernos é de três ou duas pás. Devido ao fato da grande relação de potência extraída por área de instalação.



As torres eólicas com eixo horizontal podem ser qualificadas de acordo com a disposição de suas pás. Podem ser turbinas downwind, e podem ser turbinas upwind. Uma que possui uma inclinação nas pás e recebem o vento por trás. Neste caso não precisam de um mecanismo de direção do vento. No entanto, este modelo determina maior flexibilidade do rotor, o ponto negativo desta aplicação é a geração de ruídos, que impossibilitam sua aplicação e aceitação. O modelo upwind é o mais utilizado, principalmente em turbinas de grande porte. Marques (2004). Conforme mostra a (Figura 7).

Figura 11 - Direção do vento em turbinas upwind e downwind.



Fonte: Marques (2004).

O bom emprego eólico está acoplado diretamente aos atributos do aerogerador e as características do ambiente onde vai ser instalado. A constância de ventos da área necessita ser avaliada a fim de decidir a disposição que otimiza a contagem de energia que esta torre vai proporcionar.

A antevisão dos ventos que movem as pás geração eólica em qualquer local, pode ser feita através de estudos sobre os dados coletados de equipamentos regionais e globais, estes equipamentos levantam informações atmosféricas da vazante de ar em vários níveis (CAMPOS, 2004).

Um acréscimo da credibilidade das avaliações pode ser alcançado por meio de um aprimoramento, ou downscaling<sup>4</sup>, que pode ser fundamentado em um artifício

<sup>4</sup> Traduzido do inglês-Downscaling é qualquer procedimento para inferir informações de alta resolução a partir de variáveis de baixa resolução. Esta técnica é baseada em abordagens dinâmicas

físico ou um processo estatístico. A afinação física pode ainda ser realizado por meio de modelos meteorológicos, conformados para licenças máximas do que aquelas utilizadas operacionalmente na previsão de tempo.

### 3.6 CUSTOS DE INVESTIMENTO

Os custos econômicos que envolvem os empreendimentos de geração de energia elétrica podem ser divididos basicamente em custos diretos e custos indiretos. Onde as despesas com terreno, obras civis, montagem e subestação são classificados como custos diretos, já despesas com canteiro de obras e com administração são classificados como custo indiretos (TOMALSQUIN, 2016).

#### 3.6.1 Análise Comparativa

Ao investidor é essencial saber a viabilidade econômica que está associada ao seu empreendimento, então é essencial se fazer uma comparação entre as principais fontes geradoras de energia elétrica presentes no país, que atualmente são as usinas hidrelétricas, usinas térmicas (carvão) e usinas eólicas. Dessa forma se trazer dados que mostrassem tanto os custos de implantação, quanto o payback, que é o período de recuperação do investimento.

Segundo Tomalsquin (2016), as usinas termelétricas e eólicas possuem um custo mais complexo de se estimar quando comparada com as usinas hidrelétricas, uma vez que elas são influenciadas por fatores tecnológicos e cambiais mais fortemente. Pois diferentemente das hidrelétricas, onde o Brasil domina todo o ciclo tecnológico para sua construção e operação, não se tornando dependente assim de fatores externos, o mesmo não ocorrem com UTE e as UEL.

Os dados na tabela 1 indicam os principais custos envolvidos para a utilização dos três tipos de usinas analisadas, assim como a vida útil, tempo de construção e payback.

Ao analisar os dados é possível verificar que as UEL possuem um menor tempo de construção e payback em relação às demais. Entretanto sua vida útil é significativamente menor, o que se traduz em lucro por um menor tempo. Assim,

---

ou estatísticas comumente usadas em várias disciplinas, especialmente meteorologia, climatologia e sensoriamento remoto.

constamos que as UEL trará lucro mais rapidamente que as UTE e UHE, mas por um menor período.

Tabela 1 – Parâmetros de viabilidade econômica

Parâmetro	UEL	UHE	UTE
Custo de Investimento (R\$/MW)	4.200.000	7.238.300	6.656.000
Custo de O&M - Fixo (R\$/MW.ano)	84.000	41.600	-
Custo de O&M - Variável (R\$/MWh)	-	5,76	31
Vida útil (anos)	20	50	40
Tempo de construção (anos)	2	8	4
Payback (anos)	8	12	9

Fonte: Tomalsquin (2016)

### 3.7 ASPECTOS AMBIENTAIS

De acordo com a NBR ISO 14001 (2004), impacto ambiental é definido como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Conforme aponta Motta (2016), quando se leva em conta as atuais fontes geradoras de energia, a utilização da eólica tem se mostrado como uma importante alternativa, principalmente quando se avalia as mudanças climáticas e da emissão dos GEEs. Os principais impactos ambientais que estão associados a essa atividade está relacionada com a questão visual, sonora, fauna e flora.

Para a questão do licenciamento ambiental é necessário primeiramente, possuir os seguintes dados;

- Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA);
- Relatório de Impacto Ambiental (RIMA);
- Licença Prévia (LP) ou;
- Licença de Localização (LL).

O EIA é o anexo de informações com dados técnicos que procura identificar as dificuldades ambientais e os seus referentes níveis de intensidades. Dessa forma, equipando as informações que autorizam a criação ajustadas de ações para precaução dos consideráveis (FREITAS NETO, 2011).

O RIMA é o balanço no qual se apresenta todas as conclusões alcançadas no EIA. Sendo descrito em uma configuração clara e objetiva, com esclarecimentos como mapas, quadros, gráficos, etc., do jeito que se possa apreender os benefícios

e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação (FREITAS NETO, 2011).

Depois da aquisição do licenciamento junto ao órgão estadual, deve ser feito a cadastragem do parque eólico diante da EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Para efetivar esse cadastramento o requerente deve apresentar a licença ambiental com a fase do projeto, nesta licença deve constar o nome do administrador presente, a potência instalada do projeto, a data de emissão e o prazo de validade (STUAT, 2011).

Para efetuar o armamento da estrutura e dos aparelhamentos da usina é necessária outra Licença Ambiental, a Licença de Instalação (LI). O projeto deve ser composto pelo layout da usina, tipo de máquina, fabricante dos equipamentos, altura das torres, potência, previsão de geração anual e a capacidade máxima de produção. O projeto deve-se a elaboração da empresa responsável pela instalação do parque.

Depois da instalação adequada dos equipamentos para iniciar o processo de geração de energia, é necessária outra licença a LO (Licença de Operação), esta licença é obtida após o cumprimento das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados nesta etapa de operação (CONAMA, 1997).

O empreendimento poderá receber o Licenciamento Simplificado ou Licença Única (Licenciamento Ambiental que engloba a LP, LI e LO em uma única licença) adotando as exigências:

- I. Distância mínima de 350m, incluindo as subestações e seu entorno, de comunidades circunvizinhas;
- II. Localização fora da Zona de Amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral;
- III. Ausência de Intervenção física em formações, planícies fluviais e de deflação e mangues, em qualquer fase do empreendimento ou de suas obras associadas;
- IV. Ausência de Supressão de vegetação arbórea/arbustiva nativa, na área da poligonal do empreendimento.

De acordo com o CONAMA (2013), os mapas e plantas de localização devem ser entregues com escalas apropriadas, abrangendo o local da usina e da sua área de influência (1km). Deve conter também obstáculos, benfeitorias e outros detalhes

exigidos pelo o órgão ambiental. Os de Terraplanagem; Estaqueamento e construção da base de concreto; Transporte de materiais; Montagem das torres e subestações; Instalação da carapaça superior; Conexão das pás hélices e Testes e verificações de tensão.

As torres eólicas atentam por alguns choques na vida das aves. Uma porção deles pode atingir a mortalidade por colisão, alteração de hábitos migratórios, na alimentação e de reprodução (COLSON, 1995).

Dessa maneira, a definição de áreas onde serão instalados os parques eólicos precisam ser avaliadas por dia, mês e ano, dependendo das estações, um contínuo monitoramento. Mesmo depois de uma correta opção da localização, algumas adaptações devem ser feitas. Tais como, a arrumação de radares com atitude de antecipar grupos de aves se aproximando, determinando a parada das hélices (DERMOTT, 2009).

Estipulando para cada região o número de hélices, diminuindo ou aumentando sua velocidade. Edificar as linhas de transmitância subterrâneas, impedindo a morte por choque das aves. Alteração no planejamento de torres, pois as de estrutura metálica aberta ou de treliças estão diretamente ligadas ao maior número de mortes (COLSON, 1995).

Infelizmente, muitos dos locais considerados de alto potencial eólico são também atrativos aos pássaros. No caso do Brasil, as regiões nordeste e sul possuem importantes rotas aéreas de descanso para aves migratórias de longas distâncias, inclusive algumas protegidas internacionalmente. Desta forma dependendo do local, devem ser realizados estudos mais detalhados para o licenciamento ambiental além de serem recomendadas as medidas mitigatórias citadas (TOMALSQUIN, 2016).

Um fator impactante também para o pessoal que projeta as torres é a absorção estética no ambiente um critério complicado de ser medido, pois, pode variar de acordo com o ponto de vista de cada pessoa e da localização da usina, a contar com a natureza ao redor da instalação. Cada profissional recebe treinamento para julgar da melhor forma o impacto visual, fazendo com que afete o mínimo possível a natureza (STARTON, 1996).

De uma forma geral a instalação destas usinas recebem a localização que padeceram menos alterações em seu habitat natural. Logo, a melhor atitude de se

evitar tais influências é propor locais já antropizados<sup>5</sup> ou áreas onde possua precário negócio turístico. Outra forma de absorver esse problema seria adequar o projeto arquitetônico das torres ao ambiente onde seriam instaladas, uma pintura das hélices e as estruturas estéticas, Stanton (1996).

Conforme a resolução da norma CONAMA 462/2014, os locais com baixo impacto ambiental, deixam de ser:

- a. Formações dunares e áreas úmidas;
- b. Bioma Mata Atlântica e impliquem em supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração;
- c. Zona Costeira e que impliquem em alterações de suas características naturais;
- d. Zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral;
- e. Áreas importantes para aves migratórias;
- f. Locais em que o empreendimento venha a causar impactos socioculturais diretos;
- g. Áreas de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e áreas de endemismo restrito;

De uma forma generalizada as usinas eólicas ficam em locais desabitados, ratificando o som das turbinas. Equivaler a assim, uma maneira de eliminar essa dificuldade, significaria implantar as usinas em locais já barulhentos. Outras soluções para reduzir esse problema já estão sendo criadas, como a mudança do desenho da lâmina e alterações na turbina. Porém, ainda as turbinas muito bem desenvolvidas geram ruídos através da velocidade, freio, componentes hidráulicos ou mesmo os dispositivos eletrônicos (TOMALSQUIN, 2016).

---

<sup>5</sup> Uma área **antropizada** é uma área cujas características originais foram alteradas. As alterações foram no solo, na vegetação, relevo etc. Uma área **antropizada**, por exemplo, é uma cidade

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi devido à uma crise energética que se abateu sobre o Brasil, com a constante necessidade de entrada das usinas térmicas, o aumento de preço da energia para consumidor final, a maior emissão de GEE, todos estes artifícios fizeram que surgisse a necessidade de se concretizar um tipo de produção energética limpa. A partir desse momento, descobriu-se o enorme potencial eólico do país e diversas políticas foram sendo desenvolvidas para fomentar a criação de usinas eólicas.

Devido ao caráter emergencial da implantação de novas usinas, o Brasil não considerou necessário o investimento em pesquisas e estudo da tecnologia pois priorizou a importação de indústrias estrangeiras, com o crescimento avançado da utilização da energia eólica na matriz energética brasileira atrelado à falta de conhecimento técnico e falta de mão-de obra especializada implicam em um alto valor de custos operacionais e de manutenção

Além do mais, devido às importações, as turbinas não foram desenvolvidas pensando no clima e vento brasileiros. Apesar dos custos estarem diminuindo cada vez mais, conclui-se que já poderiam ser muito menores caso houvesse o investimento na industrialização nacional assim como em especialização de mão de obra. Dessa maneira, as turbinas seriam adequadas, captando maior quantidade de energia, e possivelmente tendo maior durabilidade, além de reduzir os custos de O&M e de fabricação dos materiais.

Avaliando a atual conjuntura do Brasil, as hidrelétricas ainda persistem sendo a fonte de geração de energia mais lucrativa, visto que a despeito de seu custo de investimento ser maior, e sua vida útil é a mais longa, fazendo com que o lucro seja maior e por mais tempo. Sendo assim, pode haver dificuldade da viabilidade de tais projetos devido à dificuldade de disponibilidade de recursos financeiros e condições favoráveis de financiamento.

A grande vantagem das usinas eólicas hoje tem sido justamente a necessidade de baixo capital inicial, maior facilidade de financiamento e tempo de funcionamento muito rápido, e seu retorno mais rápido. O que torna o investimento neste processo mais aberto inclusive para pequenos empresários.

Um outro ponto tão importante quanto a viabilidade econômica é o impacto ambiental relativo a implantação. A geração eólica indubitavelmente<sup>6</sup> possui maior vantagem sobre esse critério. Pode-se afirmar sua baixa emissão de gases para o efeito estufa, a utilização de fonte renovável o vento, a não precisão de queima de combustíveis para produção de energia, e a pequena intervenção na fauna e flora local.

Agregando as características ambientais e econômicas de uma usina eólica, é possível deduzir que o custo benefício da sua implementação é muito alto, visto que o potencial hídrico de fácil acesso está saturado e que o potencial eólico brasileiro é excelente, os preços têm sido cada vez mais competitivos e o impacto ambiental é muito pequeno.

Contudo, a inclusão de novas fontes, especialmente fontes intermitentes como a eólica, exigem um projeto muito bem feito pois o grau de complicação da rede elétrica aumenta respectivamente. No modelo atual, a matriz energética é basicamente hidrotérmica, o que significa que em momentos de seca, as termelétricas são ligadas. Com a admissão das eólicas, surgem problemas como a dificuldade de previsão do vento, reduzindo sua confiabilidade.

Pois haverá momentos de geração escasso e momentos em que a geração será maior que a demanda. Sabe-se que as bacias eólicas do nordeste são complementares aos períodos de baixa hidrologia, o que denota que a intensidade dos ventos é maior em épocas estimadas de secas. Porém, os estudos dos ventos brasileiros são muito recentes e não se sabe se essa complementaridade<sup>7</sup> será suficiente para manter os reservatórios de água cheios e disponíveis nos momentos de pouco vento.

Sendo assim, mesmo com a introdução de novas fontes renováveis na matriz, não exclui-se a necessidade de utilização das usinas movidas aos combustíveis fósseis. Devido ao fato da geração eólica ser relativamente nova, os estudos muito detalhados sobre todos os impactos ambientais devem ser feitos a priori, seguido da determinação de medidas de mitigação de tais problemas e do acompanhamento contínuo do funcionamento da usina de modo a determinar todos os possíveis

---

<sup>6</sup> **Indubitavelmente.** Advérbio De maneira indubitável; sem dúvidas; com certeza: preferia **indubitavelmente** comida chinesa. Inquestionavelmente; sobre o que não se pode questionar ou duvidar: decisão **indubitavelmente** proferida pelo juiz.

<sup>7</sup> Complementaridade - qualidade, caráter ou condição do que é complementar; fato de (duas ou mais coisas) se complementarem.



impactos e suas intensidades. Mesmo que tais ações acarretem em maiores custos. Estudos e planejamentos responsáveis também devem ser feitos em relação ao impacto dessa geração na rede elétrica.

A sinergia da fonte eólica com as demais deve ser avaliada de modo a diminuir ao máximo a dependência das termoelétricas sem diminuir a confiabilidade da rede elétrica. O fato de apenas incluir novas fontes renováveis na produção energética não contorna a situação transformando o país mais sustentável e ambientalmente correto. A prática deve ser muito bem feita para que o problema seja solucionado e não intensificado.

## REFERÊNCIAS

ABDI. **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil.** [S.l.], 2014. 152 p. Disponível em: [http://www.abdi.com.br/Estudo\\_Backup/Mapeamento%20da%20Cadeia%20Produtiva%20da%20Ind%C3%BAstria%20E%C3%B3lica%20no%20Brasil.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento%20da%20Cadeia%20Produtiva%20da%20Ind%C3%BAstria%20E%C3%B3lica%20no%20Brasil.pdf). > acesso em: 27 de maio de 2019.

ABNT NBR ISO 14001. 2004. **Sistemas da gestão ambiental Requisitos com orientações para uso.** Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasghislaine/iso-14001-2004.pdf>>. > acesso em: 20 maio de 2019.

ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. > acesso em: 29 de maio de 2019.

ALVES, J. J. A. **Análise regional da energia eólica no Brasil.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional – G&DR. v. 6, n. 1, p. 165-188, Taubaté, SP, Brasil, jan-abr/2010. > acesso em: 30 de maio de 2019.

CAMPOS, F. **Geração de Energia Eólica a Partir de Fonte Eólica com Gerador Assíncrono Conectado a Conversor Estático Duplo.** Tese (Doutorado) PUC-SP, 2004. > acessado dia 28 de maio de 2019.

CONAMA. Resolução no. 001, de 23 de janeiro 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. > acesso em: 29 de maio de 2019.

CRESESB. **Mecanismo de Geração dos Ventos.** 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=211](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=211)>. > acesso em: 27 de maio de 2019.

COLSON, E. Avian interations with wind energy facilities: a summary. American Wind Energy Association, p. 786, 1995. > acesso em: 26 de maio de 2019.

DERMOTT, M. M. **Texas wind farm uses nasa radar to prevent bird deaths.** 2009. Disponível em: <<http://www.treehugger.com/les/2009/05/texas-wind-farm-uses-nasa-radar-prevent-bird-deaths.php>>. > acesso em: 26 de maio de 2019.

FREITAS NETO, Benedito Bernardino de. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.** Fortaleza: Ambiental, 2011. 131 p. Disponível em: <[http://www.semace.ce.gov.br/wpcontent/uploads/2012/06/RIMA\\_Fleixeiras\\_PDF.pdf](http://www.semace.ce.gov.br/wpcontent/uploads/2012/06/RIMA_Fleixeiras_PDF.pdf)>. > acesso em: 28 de maio de 2019.

JUNIOR, J.; RODRIGUES, M. **Um Estudo Sobre a Energia Eólica no Brasil**. Ciência Atual: Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p.01-13, jan. 2015. Semestral. > acesso em: 25 maio de 2019.

MME. Resenha Energética Brasileira - 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. > acesso em: 27 de maio de 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. Balanço energético Nacional - 2018. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2018+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+%28PDF%29.pdf/9db490ec-4cdb-4502-b0a4-f1e3940a744b?version=1.0>>. > acesso em: 27 de maio de 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. Balanço energético Nacional - 2013. Disponível em: < [http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143905/5.10+-+BEN+2013+-+Ano+Base+2012+\(PDF\)/8580c5c2-4023-472e-be9c-6f87bf6a8d4f;jsessionid=17055D57F723EC8D70CE53C25FEA0C11.srv154](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143905/5.10+-+BEN+2013+-+Ano+Base+2012+(PDF)/8580c5c2-4023-472e-be9c-6f87bf6a8d4f;jsessionid=17055D57F723EC8D70CE53C25FEA0C11.srv154)>. > acesso em: 27 de maio de 2019.

MOTTA, M. **Avaliação de Riscos geológicos no planejamento energético eólico no Rio Grande do Norte Brasil**. Mercator, Fortaleza, v.15, n.1, p. 117-129, jan.; março, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v15n1/1984-2201-mercator-15-01-0117.pdf>. > acesso em: 27 de maio de 2019.

REIS, L. B. dos. **Geração de Energia Elétrica**. [S.l.]: Manole Ltda, 2011.

REN21. 2011. Renewables 2013 Global Status Report. (Paris: REN21 Secretariat).

RIBEIRO, Henrique César Melo; PIEROT, Roselane Moita; CORRÊA, Rosany. **Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo: um estudo de caso na empresa de energia eólica do estado do Piauí**. REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, v. 2, n. 2, p. 61-75, 2012.

SIMAS, M.; PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. Estud. av., 2013, vol.27, no.77, p.99-116. ISSN 0103-4014.

STUAT, Fabiano. **O Processo de Implantação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: < <http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/o-processo-de-implantacao-deparques-eolicos-no-nordeste-brasileiros>. > acesso em: 29 de maio de 2019.

STANTON, C. The landscape impact and visual design of windfarms. School of Landscape Architecture, p. Landscape Publication No. LP/9603, 1996. > acesso em: 30 de maio de 2019.

TOMALSQUIN, M. T. **Energia renovável: Hidráulica, biomassa, eólica, solar e oceânica.** EPE, p. 452, 2016. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf> > acesso em: 19 abril de 2019.

TOMALSQUIN, M. T. **Energia termelétrica: Gás natural, biomassa, carvão, nuclear.** EPE, p. 417, 2016.

TUCHTENHAGEN, P.; BASSO, J.; YAMASAKI, Y. **Avaliação do potencial eólico brasileiro no brasil em 2011.** Ciência e Natura, p. 390\_401, 2014.