CRISTIANO PASSOS SOUSA

ENERGIA EÓLICA

GERAÇÃO E INTERLIGAÇÃO AO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Belo Horizonte
2019

CRISTIANO PASSOS SOUSA

ENERGIA EÓLICA

GERAÇÃO E INTERLIGAÇÃO AO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Caio Vivian

Belo Horizonte
2019

CRISTIANO PASSOS SOUSA

ENERGIA EÓLICA

GERAÇÃO E INTERLIGAÇÃO AO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Belo Horizonte, 5 de Junho de 2019.

Aos meus pais dedico esta pesquisa. Vossa presença durante esta jornada tornou tudo mais fácil. Gratidão eterna.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e muita força para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, por todo amor que me deram, além da educação, ensinamentos e apoio.

A esta faculdade e todo seu corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui o meu muito obrigado!

“O sucesso é a soma de pequenos esforços
repetidos dia após dia”

Robert Collier

SOUSA, Cristiano Passos. **Energia Eólica:** geração e interligação ao sistema elétrico brasileiro. 2019. 33 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte, 2019.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso é sobre a “Energia eólica: geração e interligação ao sistema elétrico brasileiro”. O objetivo geral foi identificar de que forma a fonte de energia eólica pode beneficiar o país futuramente. A metodologia utilizada foi a revisão de literatura. A energia elétrica está presente em quase todos os lugares e que seus custos estão cada vez mais elevados, pois além da demanda está em alta, existem alguns problemas no dia a dia que é a escassez da chuva em alguns períodos do ano, reduzindo a produção de energia elétrica das hidroelétricas, contudo empresas e pessoas estão em busca de soluções alternativas. A energia eólica vem crescendo no Brasil cada dia mais e como este sistema é interligado na transmissão de energia elétrica, sempre buscando melhorias e reduzindo gastos não somente em residência, mas também em áreas industriais, pavimentação urbana, hospitais e prefeituras. Concluiu-se que a utilização de fontes de energias eólicas podem beneficiar o país futuramente. A utilização da energia eólica gera uma série de benefícios futuros para o país, dentre eles, que as centrais eólicas ocupam um pequeno espaço físico, acrescenta na renda total das comunidades abrangidas pelos parques, proporciona oportunidades de empregos temporários, ocasiona múltiplos benefícios regionais, colabora para o desenvolvimento sustentável, não emite gases poluentes, não origina resíduos, origina novas oportunidades de trabalho, não compromete o solo, pode ser reutilizado, faz com que a matriz energética seja diversificada, dentre outros.

Palavras-chave: Energia eólica. Geração de energia. Fonte de energia. Benefício.

SOUSA, Cristiano Passos. **Wind Energy:** generation and interconnection to the Brazilian electricity system. 2019. 33 fls. Course Completion Work (Graduation in Electrical Engineering) - Pitágoras College, Belo Horizonte, 2019.

ABSTRACT

This Course Conclusion Paper is about "Wind Energy: Generation and Interconnection to the Brazilian Electrical System". The overall objective was to identify how the wind power source could benefit the country in the future. The methodology used was the literature review. Electricity is present in almost every place and its costs are increasing, since besides the demand is on the rise, there are some problems in the day to day that is the scarcity of the rain in some periods of the year, reducing the production of electric power from hydroelectric plants, but companies and people are looking for alternative solutions. Wind energy is growing in Brazil every day and as this system is interconnected in the transmission of electric energy, always seeking improvements and reducing expenses not only in residence, but also in industrial areas, urban paving, hospitals and prefectures. It was concluded that the use of wind energy sources may benefit the country in the future. The use of wind power generates a number of future benefits for the country, among them, wind farms occupy a small physical space, add to the total income of the communities covered by the parks, provide temporary employment opportunities, generate multiple regional benefits, collaborate for sustainable development, does not emit polluting gases, does not cause waste, creates new job opportunities, does not compromise the soil, can be reused, makes the energy matrix diversified, among others.

Keywords: Wind energy. Power generation. Power supply. Benefit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento de aerogerador – turbina de eixo horizontal 13
Figura 2 - Sistema microeólico interligado à rede elétrica 14
Figura 3 – Torre de um aerogerador 16
Figura 4 – Características do moinho de vento 18

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da energia eólica 21
Quadro 2 – Vantagens da energia eólica 22
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens da energia eólica 24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C.	Antes de Cristo
CO_2	Dióxido de Carbono
Etc.	Etecétera
FC	Fator de Capacidade
GEE	Gases de Efeito Estufa
GW	Gigawatt
Km/h	Quilômetros por hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MRE	Mecanismo de Realocação de Energia
MWh	Megawatt hora
p.	página

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. ENERGIA EÓLICA – CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS 13
3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTLIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA ... 20
4. BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA 25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 30
REFERÊNCIAS 31

1. INTRODUÇÃO

Entende-se que a energia elétrica está presente em quase todos os lugares e que seus custos estão cada vez mais elevados, pois além da demanda está em alta, existem alguns problemas no dia a dia que é a escassez da chuva em alguns períodos do ano, reduzindo a produção de energia elétrica das hidroelétricas, contudo empresas e pessoas estão em busca de soluções alternativas.

A relevância do estudo é devido a importância de demonstrar que o tema energia eólica vem crescendo no Brasil cada dia mais e como este sistema é interligado na transmissão de energia elétrica, sempre buscando melhorias e reduzindo gastos não somente em residência, mas também em áreas industriais, pavimentação urbana, hospitais e prefeituras.

Diante do exposto, levantou-se a seguinte questão: de que forma a fonte energia eólica pode beneficiar o país futuramente?

Com isso, tem-se como objetivo geral, identificar de que forma a fonte de energia eólica pode beneficiar o país futuramente. Os objetivos específicos foram: identificar na literatura conceitos sobre a fonte de energia eólica; identificar quais são as vantagens e desvantagens da utilização da energia eólica; compreender de que forma a utilização de fontes de energias eólicas podem beneficiar o país futuramente.

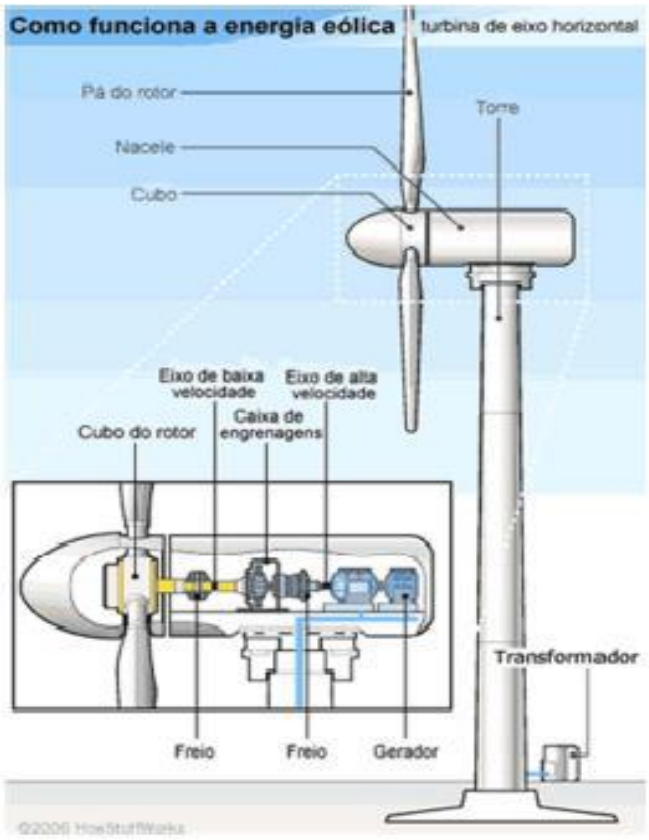
O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma revisão de literatura com base na consulta a artigos acadêmicos, bibliotecas virtuais e sites. Para iniciar as buscas sobre o tema foi utilizado algumas palavras chaves, como: “energia eólica”, “geração de energia”, “vantagens da energia eólica”, “desvantagens da energia eólica” e “benefícios da energia eólica”. O período dos artigos pesquisados foram os publicados nos últimos 15 anos.

2. ENERGIA EÓLICA – CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Segundo Assis (2015), a energia eólica se sobressai como a tecnologia de energia renovável com o maior desenvolvimento nos últimos anos. Trata-se da energia alcançada devido ao movimento do ar, isto é, o vento. Tal energia pode ser aproveitada de diversas maneiras como a moagem de grãos, a qual é sua utilidade mais antiga, bombeamento de água e do mesmo modo a geração de energia elétrica entre outras aplicações menos populares. A transformação da energia dos ventos em energia elétrica acontece por meio do emprego de equipamentos eletromecânicos cujo fundamental é essencialmente componente capital é o aero gerador. A energia eólica é a alteração da energia cinética em translação para mobilizar a rotação de turbinas eólicas, conhecidas como aerogeradores.

Assis (2015) apresenta na Figura 1 o esquema de um sistema de geração de energia eólica.

Figura 1 - Funcionamento de aerogerador – turbina de eixo horizontal



Fonte: Assis (2015, p. 15).

De acordo com Assis (2015), o micro e minigerador eólico são constituídos por um rotor, composto de duas, três ou mais pás, que são responsáveis pela captura e transmissão da força mecânica dos ventos. Para o emprego de geração em pequena escala são usados os aerogeradores de pequeno porte, ou seja, de eixo horizontal, que têm maior eficácia e são mais frequentemente localizados no mercado.

Na Figura 2 Assis (2015) apresenta um modelo de um sistema microeólico interligado à rede elétrica.

Figura 2 - Sistema microeólico interligado à rede elétrica

Fonte: Assis (2015, p. 16).

Segundo Lima (2009), a energia eólica derivada dos ventos, devido ser uma fonte energética farta, não poluidora, que pode ser renovada, tem sido colocada a serviço da defesa da natureza com o desígnio de compatibilizar a presença humana. No mundo contemporâneo a progresso e o desenvolvimento da humanidade tropeçam em temas sobre a energia e de seu aproveitamento, contudo, existe um grande desafio que é o de gerar cada vez mais energia de forma limpa e inesgotável.

Conforme Lima (2009), a terminologia eólico é oriunda do latim *aeolicus*, pertencente ou referente a *Éolo*, deus dos ventos na mitologia grega e, deste modo, pertencente ou concernente ao vento.

De acordo com Lima (2009), o vento deriva do deslocamento de massas de ar e pode ser avaliado como o ar em movimento. Proveniente das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões caracterizadas é influenciado por consequências locais, como a orografia, as quais se caracterizam por nuances do relevo de uma região e, ainda, a rugosidade do solo. Tais diferenças de pressão apresentam uma procedência térmica e estão inteiramente pertinentes com a radiação solar e os processos de aquecimento das massas de ar. Desenvolvem-se a partir de influências naturais, como continentalidade, maritimidade, latitude, altitude.

Conforme Lima (2009), o emprego da energia eólica incide do convertimento da energia cinética de uma massa, ou seja, do ar em movimento, em energia mecânica, o que, por sua vez, é originada devido à rotação das pás em torno de um eixo, que, por meio de um gerador elétrico, converte a mesma em energia elétrica

Visando o uso de fontes renováveis e na preocupação com a sustentabilidade, a energia eólica se destaca como uma das mais promissoras em geração de energia elétrica. Em um contexto geral, esta forma de origem apresenta um fácil controle socioambiental em relação as demais fontes convencionais. (CAMARGO, 2015).

Para Picolo, Bühler e Rampinelli (2014) a energia eólica é uma das maneiras adquiridas pela energia solar. O vento é o movimento do ar em consequência de um aquecimento desigual da atmosfera pelo sol. A energia contida no vento pode ser aproveitada para a geração de eletricidade. Um sistema eólico pode ser empregado em sistemas isolados, sistemas híbridos ou sistemas interligados à rede elétrica. Os sistemas híbridos proporcionam o emprego de mais de uma fonte conexa para a geração de energia elétrica como, por exemplo, turbinas eólicas e módulos fotovoltaicos, geradores a diesel, entre outras. Os sistemas isolados são de pequeno porte empregado para aprovisionar certas regiões, nas áreas rurais, em fazendas ou residências. Os sistemas interligados à rede, como nos parques eólicos, obedecem a sistemas onde toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica.

Conforme Kaspary e Jung (2015), a energia eólica é adquirida através do aproveitamento da energia cinética dos ventos, a qual é constituída pelas massas de ar em movimento. Para o convertimento em energia elétrica são empregadas turbinas eólicas, do mesmo modo populares como aerogeradores.

Na Figura 3 Lima (2009) apresenta um modelo de uma torre de um aerogerador.

Figura 3 – Torre de um aerogerador

Fonte: Lima (2009, p. 23).

Segundo Kaspary e Jung (2015), a humanidade emprega a energia mecânica por meio da conversão da energia cinética dos ventos tem mais de 3000 anos. A energia eólica, com isso, foi primeiramente empregada nas atividades agrícolas para a moagem de grãos e o bombeamento da água. A força dos ventos do mesmo modo continuamente esteve presente na navegação, especialmente na ocasião das grandes descobertas.

De acordo com Kaspary e Jung (2015), o Brasil, além disso, está distante ainda de compor o *ranking* dos países com mais geração de energia eólica no mundo. Contudo, pelo seu elevado potencial, tem despertado o interesse de diversos fabricantes e representantes dos fundamentais países envolvidos com energia eólica.

Conforme Camargo (2015), há milhares de anos esta forma de geração vem sendo empregada pelo homem, aproximadamente há 3.000 anos. No panorama

energético dos tempos atuais a utilização dessa fonte eólica vem ganhando um grande crescimento, seja para alimentar cargas a distância de transmissão, distribuição de energia elétrica e até mesmo em função de incentivos econômicos por conter características importantes dentro do território brasileiro por se tratar de uma fonte sustentável.

De acordo com Martins, Guarnieri e Pereira (2008), por meio das turbinas eólicas, a energia cinética contida no vento é transformada em energia mecânica pelo giro das pás do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador. As turbinas eólicas se localizam implantadas na camada superficial da atmosfera, usando a energia do vento em uma vasta faixa de alturas.

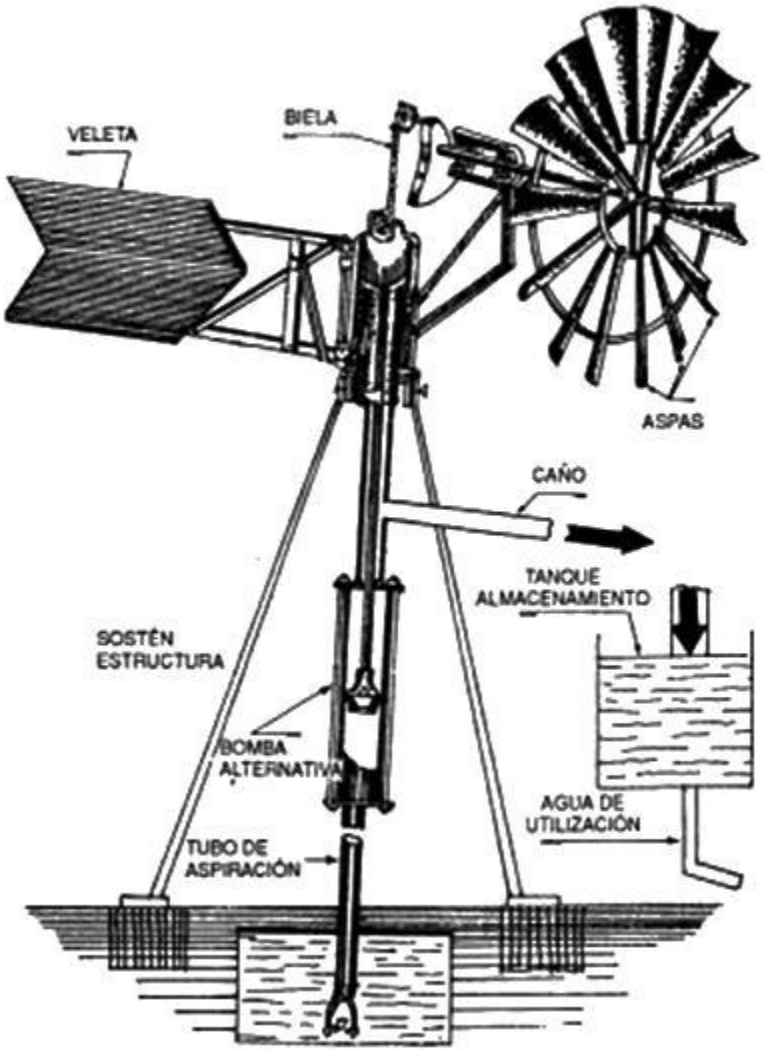
Segundo Dutra (2008), o primeiro apontamento histórico do emprego da energia eólica para bombeamento de água e moagem de grãos por meio de cata-ventos é originário da Pérsia, por volta de 200 A.C. Ainda com baixa eficácia por causa de suas propriedades, os cata-ventos primitivos ofereciam vantagens importantes para o desenvolvimento das precisões fundamentais de bombeamento d'água ou moagem de grãos, suprindo a força motriz humana ou animal. O emprego de cata-ventos de múltiplas pás propostos ao bombeamento d'água ampliou-se de maneira eficaz, em vários países, especialmente nas suas áreas rurais.

Conforme Dutra (2008), com o progresso da rede elétrica, foram feitas, do mesmo modo no início do século XX, diversos investigações para o bom emprego da energia eólica em geração de grandes blocos de energia. Um dos principais passos para o desenvolvimento de turbinas eólicas de grande porte para aplicações elétricas foi dado na Rússia em 1931.

Segundo Dutra (2008), a Segunda Guerra Mundial, a qual ocorreu no período de 1939 a 1945 contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande porte, já que os países, normalmente, comprometiam amplos empenhos visando economizar combustíveis fósseis.

Na Figura 4, Lima (2009) apresenta um modelo de cata-vento que caracteriza um moinho de vento.

Figura 4 – Características do moinho de vento



Fonte: Lima (2009, p. 11).

De acordo com Dutra (2008), Segundo ainda que, posteriormente ao fim da Segunda Guerra, os combustíveis fósseis retornaram a abundar em todo o panorama mundial. O petróleo e grandes usinas hidrelétricas se viraram muito competitivos economicamente, e os aerogeradores foram arquitetados exclusivamente para fins de pesquisa, empregando e aperfeiçoando metodologias aeronáuticas na operação e desenvolvimento de pás, além de aprimoramentos no sistema de geração.

Conforme Dutra (2008), a representação do desenvolvimento da energia eólica na década de 90 recomenda expectativas promissoras para o desenvolvimento da indústria eólica mundial para as próximas décadas. Ainda avaliando-se como uma desaceleração no acréscimo da potência instalada nos últimos anos, a busca por novos mercados e o desenvolvimento de turbinas eólicas de maior porte despontam

adequadas expectativas para um desenvolvimento mais sustentável e não tão rápido para a próxima década.

Dutra (2008) afirma que a energia eólica provém da radiação solar já que os ventos são ocasionados pelo aquecimento não constante da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser realizada de acordo com a estimativa de que, cerca de 2% da energia solar absorvida pela Terra é modificada em energia cinética dos ventos. Tal percentual, embora apresente-se baixo, idealiza cem vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo.

De acordo com Dutra (2008), os ventos que sopram em escala global e aqueles que se surgem em menor escala sofrem influência por diferenciados âmbitos, os quais dentre eles podem ressaltar a altitude, a rugosidade, os empecilhos e o relevo.

A turbina é capaz de captar uma parte da energia cinética que passa através do rotor e em seguida é transformada em energia elétrica, porém para poder gerar valores importantes a velocidade do vento tem que ser superior a 2,5 – 3,0 m/s abaixo disso a eficiência energética é inválida, a quantidade de aerogeradores em um determinado parque eólico depende da potência total instalada. O sistema conectado à rede elétrica parte de duas formas: diretamente, via geradores síncrono ou indução, ou indiretamente, via geradores de corrente contínua e inversores acoplados. (REIS, 2017).

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA

Segundo Informações do Ministério de Minas e Energia (MME) (2014), além das vantagens diretas da geração eólica, que são o baixo impacto ambiental, a diminuição das emissões de gases e a agilidade na implantação, existem outras, que são de cunho social, as quais ficam claras com a ampliação da fonte.

Percebesse que a energia eólica tem a tendência de agredir menos o meio ambiente, porém em relação a impactos visuais há quem considere que uma usina eólica gera uma poluição visual, além de tudo existe a questão sonora que seria o ruído que as turbinas geram proporcional a velocidade do vento. Sendo assim as instalações destas usinas tem que ser afastada de locais urbanos pois irá gerar desconforto para a população local. (CASTRO, 2009).

De acordo com Castro (2009), pensando em diminuir os impactos e podendo aproveitar melhor o desempenho, na Dinamarca foi realizado estudos e identificaram que ao ser instalado usinas dentro do mar o desempenho de geração aumentaria, tendo isso em projeto foi instalado a primeira usina em 1991 localizado no mar Báltico a cerca de 2km da costa.

A implantação energia eólica no Brasil vem crescendo cada vez mais, fica claro que o sistema é carente em fontes sustentáveis, percebe-se que a mídia vem mostrando usinas com sua capacidade de geração de energia reduzida, trazendo várias consequências uma delas é o aumento das tarifas, por lógica a energia não possui um substituto a não ser ela mesma. (SANTOS, 2007).

De acordo com Santos (2007), o conceito de energia eólica tem que passa por várias avaliações, tem que se conhecer a realidade energética, logo após será destacado as prioridades, estabelecendo melhorias e minimizando todas as possíveis falhas .

Segundo Santos (2007), existem algumas medidas a serem adotadas na implantação desse sistema:

- Analisar o território a ser utilizado para a instalação de parques eólicos.
- Possuir o conhecimento no que se diz a respeito, fluxo de energia, procurar identificar as situações adversas que irá influenciar na sua demanda.
- Realizar um monitoramento dos índices de controle, no que se diz a respeito a custos, fator de utilização, contratados, demanda de utilização.

- Procurar atuar com índices que permite busca uma melhor eficiência energética buscando o menor consumo, com menor impacto.
- A fonte eólica é renovável. Não produz gás nocivo, este é um ponto positivo na fonte eólica – mas existe várias fontes que também são livres deste aspecto, a energia solar é uma delas.
- Um parque eólico garante empregos em sua construção, muitos deles indiretos, com a expansão ao redor da usina. Independente de se tratar de um fator positivo, depois da instalação do parque, haverá emprego mas não muito, pois o suporte e a manutenção é relativamente baixa. Por outro lado, fontes de biomassa tem grandes escala de empregos diretos após a instalação da usina.

Dentre as vantagens citadas por Kaspary e Jung (2015), tem-se a qualidade nos níveis de radiação solar e ventos fortes, especialmente na costa nordestina, considerada como ponto estratégico para o princípio de inovações para a América Latina. Tem-se ainda como vantagem os incentivos fiscais e leilões para a comercialização.

Existe outra questão crítica que é a contaminação da fauna. Parques eólicos são propícios a provocar colisão de aves com as hélices das turbinas, neste caso a migração de aves é totalmente comprometida. Este fator é relevante e deve ser bem estudado antes da implantação do parque, principalmente nas áreas onde há grande quantidade de aves. (AGUSTINI, 2013).

Assis (2015) apresenta no Quadro 1 as vantagens e desvantagens da utilização da energia eólicas, de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da energia eólica

Vantagens	Desvantagens
• Não emite gases de efeito estufa; • Não emite gases poluentes; • Não gera resíduos na sua operação; • Transformação limpa do recurso energético natural (vento) • O sistema é durável e precisa de pouca manutenção.	• O mau mapeamento dos estudos, ou seja, previsão e mediação dos ventos locais não são fontes precisas; • Custo alto; • Poluição sonora; • Poluição visual.

Fonte: Assis, 2015, p. 18.

Conforme Reis (2019) existem vantagens e desvantagens da energia eólica. O emprego da energia eólica admite inúmeras vantagens face às energias tradicionais

e ainda em comparação com outros tipos de energias renováveis, devido ao seu maior desenvolvimento.

De acordo com Reis (2019), a energia eólica é, em geral, não abrangida pelas populações, especialmente pelas populações mais chegadas aos parques eólicos, contudo a energia eólica tem inúmeras vantagens para a sociedade em comum, desde a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis até à criação de empregos. A despeito das aparentes vantagens no uso de energia eólica para a produção de energia elétrica, este tipo de bom emprego energético eólico proporciona do mesmo modo desvantagens e impactos expressivos especialmente no emprego de grandes aerogeradores, parques e usinas eólicas.

O Quadro 2, segundo Reis (2019), apresenta as vantagens da utilização da energia eólica:

Quadro 2 – Vantagens da energia eólica

Vantagens para a sociedade em geral	• É inesgotável; • Não emite gases poluentes nem gera resíduos; • Diminui a emissão de gases de efeito de estufa (GEE).
Vantagens para as comunidades onde se inserem os Parques Eólicos	• Os parque eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado; • Criação de emprego; • Geração de investimento em zonas desfavorecidas; • Benefícios financeiros (proprietários e zonas camarárias).
Vantagens para os governos	• Reduz a elevada dependência energética do exterior, nomeadamente a dependência em combustíveis fósseis; • Poupança devido à menor aquisição de direitos de emissão de CO2 por cumprir o protocolo de Quioto e diretivas comunitárias e menores penalizações por não cumprir; • Possível contribuição de cota de GEE para outros sectores da atividade económica; • É uma das fontes mais baratas de energia podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais.
Vantagens para os promotores	• Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem escassa manutenção, uma vez que só se procede à sua revisão em cada seis meses. • Excelente rentabilidade do investimento. Em menos de seis meses, o aerogerador recupera a energia gasta com o seu fabrico, instalação e manutenção.

Fonte: Reis, 2019, p. 1.

Conforme Gomes e Henkes (2015), devido as vantagens que a energia eólica pode proporcionar no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, é de extraordinária importância que hajam atuações que abordem o conhecimento

tecnológico com uma quantidade máxima de favorecidos, sejam estes diretos ou indiretos, desse tipo de energia.

Segundo Morgado et al (2010), à energia eólica estão conexas várias vantagens, muitas delas largamente discutidas na contemporaneidade. Inicialmente, emprega uma fonte de energia renovável e limpa – o vento – não originando resíduos nem emitindo gases poluentes. Auxilia do mesmo modo na redução do emprego de combustíveis fósseis, colaborando para a diminuição do efeito de estufa, uma das grandes inquietações da sociedade atual. Por cada MWh de energia elétrica com procedência eólica são diminuídas entre 0.8 a 0.9 toneladas de emissões de gases com efeito de estufa que seriam causadas pelo emprego dos combustíveis fósseis na produção de energia eléctrica.

De acordo com Morgado (2010), no que tange às desvantagens, pode-se citar as do domínio social/ambiental, que conglomera aspectos como o impacto paisagístico dos parques eólicos, poluição sonora (proveniente do ruído provocado pelo movimento das pás dos aerogeradores) e provável alteração das rotas migratórias das aves. Todas estas desvantagens podem, no entanto, ser reduzidas ou mesmo solucionadas por meio da realização de estudos ambientais e de planos de ordenamento de território. Além do mais, foram já executados diversos estudos que finalizaram que a maior parte das aves evita a colisão com as pás dos aerogeradores. O maior inconveniente desta fonte de energia é a sua intermitência. São indispensáveis no mínimo 9 Km/h de velocidade para que um aerogerador funcione, o que nem sempre ocorre.

Conforme Santos et al (2006), a energia eólica como um tipo de energia bem distinguido dos demais e que vem sugerindo implicações significativas de crescimento tanto em países desenvolvidos como em países emergentes.

De acordo com Santos et al (2006), esta última vantagem pode ser cultivada por pessoas que queiram montar um módulo de energia próprio ao redor de suas casas e não necessitar mais se filiar às empresas. Entretanto, claro do mesmo modo existem desvantagens que devem ser consideradas, como o barulho provocado, que não é muito alto se o módulo for repetidamente monitorado, a área ocupada que deve ser característica (sem muitas elevações e habitações por perto), e especialmente que esta tecnologia além disso não está completamente desenvolvida e o seu custo ainda é um pouco alto, de maneira que é muito difícil uma população ter o seu próprio

provimento de energia elétrica originada por meios eólicos e do mesmo modo que seu aproveitamento ainda não é satisfatoriamente elevado, porém esses fatores podem ser ultrapassados com o desenvolvimento desta tecnologia.

Gomes e Henkes (2015) apresentam vantagens e desvantagens da energia eólica, a saber:

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens da energia eólica

Vantagens	Desvantagens
• A energia eólica é totalmente renovável; • É considerada uma energia econômica e rentável dentre as novas tecnologias (no Brasil, atualmente compete com e energia hidráulica na questão de custos por MW/ Instalado); • Cria receitas alternativas a agricultores que arrendem a sua terra; • Não produz emissões perigosas; • Não produz resíduos sólidos perigosos; • É praticamente livre de desapropriações e impactos sociais; • A energia eólica gera turismo a comunidades locais; • É compatível com outras formas de uso do terreno.	• O Impacto visual; • O Impacto acústico (Emissão de ruídos de origens mecânica e aerodinâmica); • Impacto visual sob a fauna de animais voadores; • Tempo de duração do projeto (Média brasileira de três anos); • Grandes distâncias entre o sítio e as linhas de transmissão; • Ainda não é possível vender através do MRE (Mecanismo de Realocação de Energia); • Necessidade de monitoramento pré-projeto (medição do vento por um período de um ano no mínimo – O tempo de medição deve ser firmada no contrato); • Baixo fator de capacidade (Fc = Energia Produzida / Energia Instalada); • Os aerogeradores podem ocasionar interferência eletromagnética.

Fonte: Gomes e Hankes, 2015, p. 474.

A vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidroelétricas, conforme Santos et al (2006), é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser usada para agricultura, pecuária etc. ou preservada como habitat natural.

Conforme Santos et al (2010), os sistemas eólicos conectados à rede oferecem as vantagens intrínsecas aos sistemas de geração distribuída tais como: a redução de perdas, o custo evitado de expansão de rede e a geração na hora de ponta quando o regime dos ventos coincide com o pico da curva de carga.

4. BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO PAÍS

Segundo Gomes (2019), o Brasil tem um instrumento importante neste panorama global que é a energia eólica como uma fonte limpa e renovável em momentos de crise ambiental no qual o planeta agoniza uma austera violência de fontes energéticas danosas ao equilíbrio ambiental e, com isso, a extensão da energia eólica pode colaborar expressivamente para diminuição do aumento das fontes poluentes e não-renováveis.

Deste modo, conforme Gomes (2019), a energia eólica se sobressai devido ao fato de ser sustentável, uma fonte inesgotável e especialmente de baixo impacto ambiental, confrontando-se com as produzidas em hidroelétricas ou usinas termoelétricas, do mesmo modo, as turbinas eólicas podem ser empregadas tanto em vinculação com redes elétricas como em ambientes isolados e além disso ser conexa em consórcio com a energia solar, outra fonte limpa e renovável que do mesmo modo é pouco explorada.

Conforme Gomes (2019), é certo que a energia eólica com um grande potencial a ser empreendido carece de investimentos, já que é energia limpa e a sua expansão poderá diminuir a implantação de novas usinas nucleares e termelétricas, as quais concebem riscos ambientais e respondem juntas por aproximadamente um terço da matriz energética brasileira.

Segundo Freire (2014), para alavancar e colorir de realismo sustentável todos os benefícios pela energia adquirida pelas fontes renováveis apresentam enormes desafios: desde o desenvolvimento tecnológico, incidindo pelo rompimento de paradigmas na operação das redes elétricas de transmissão e distribuição, abordando até a uma nova regulação.

De acordo com Freire (2014), o progresso das fontes renováveis de energia, mais do que inevitável, é desejável, dados os numerosos benefícios conjuntos que podem ser resumidos no desenvolvimento sustentável, onde se alcança o equilíbrio do crescimento socioeconômico com a preservação do meio ambiente para as gerações atual e futura. É uma marcha que abrange toda a sociedade: governo, instituições, setores da economia e cidadãos.

Para Kaspary e Jung (2015), como benefícios da utilização da energia eólica, pode-se mencionar os aspectos ambientais positivos, nos quais assinala como

favorável assim como os benefícios ambientais em relação aos custos da atividade em longo prazo, uma vez que a energia eólica não contamina o ambiente, ou seja, a água, o solo e o ar, e os ventos não se esgotam. A energia eólica pode ser empregada como integrante a energia hidrelétrica, na qual presentemente é dominante no Brasil e origina impactos ambientais, sociais etc.

Segundo Kaspary e Jung (2015), pode-se citar ainda como benefício da utilização da energia eólica é a substituição de fontes de energia não limpa, o que beneficia na redução de emissão de CO_2 e outros gases do efeito estufa. Tem-se ainda o fator socioeconômico, pelo potencial turístico e a visibilidade proporcionada pelo aspecto de sustentabilidade, abrangendo o emprego de imagem nos vários meios de comunicação.

Para o atendimento de cargas criar condições ao sistema elétrico de potência e integrar novos projetos da melhor forma possível, analisando diversos aspectos: político, ambiental, social, econômico e técnico. De forma geral, o planejamento de um sistema de energia elétrica deve compor dois requisitos: baixo custo e confiabilidade. Sendo assim a discussão na implantação deve levar em conta os aspectos ambientais, ter uma integração elevada com os órgãos ambientais, e tornar o projeto de forma flexível para que haja uma constante evolução em sua implantação. (REIS, 2017).

De acordo com Reis (2017), além de ser importante no processo de diversificação da produção de eletricidade e diminuição da dependência de energia no Brasil, a expansão das fontes eólicas é necessária também por gerar menores impactos ambientais, como aqueles proporcionados na ativação de termoelétricas. Por isso, os investimentos nessa e em outras fontes, embora estejam se intensificando, precisam expandir-se ainda mais a fim de gerar uma maior gama de resultados e garantir um melhor desenvolvimento do país.

Há grandes oportunidades com a implantação do parque de energia eólica, exitem vários benefícios que podem ser entregues a sociedade, zero a gases poluentes, sem resíduos, oportunidades de emprego, não tem contaminação ao solo, além disso a outros fatores que impulsionam investimento no Brasil. (VIEIRA, 2017).

Segundo Morgado et al (2010), um benefício trazido pelo uso da energia eólica é a extraordinária rentabilidade do investimento, já que o aerogerador, em cerca de 6 meses, readquire a energia gasta com o seu fabrico, instalação e manutenção. Existe

ainda a consideração em relação ao fator empregabilidade, pois a construção de parques eólicos pode originar investimento em zonas mais isoladas (desfavorecidas), revigorando a economia regional, bem como instituir emprego de qualidade. Estudos sugerem que a energia eólica causa cinco vezes mais emprego por valor investido do que as tecnologias conexas ao carvão ou nuclear. A produção de energia eólica em coopera para a diminuição da elevada dependência energética e geopolítica do exterior, no que diz respeito, por exemplo, aos combustíveis fósseis, muitas vezes derivados de zonas politicamente instáveis. Implica além disso aludir que, por não envolver compra de combustíveis, a energia eólica não é influenciada por variações do mercado, como por exemplo o preço por barril de petróleo, tornando-se, com isso, uma fonte de energia fiável e com custos relativamente fixos.

Na visão de Gomes e Henkes (2015), dentre os benefícios da utilização da energia eólica, pode-se citar outros fatores benéficos como melhoramentos nos acessos e geração de empregos no decorrer da construção (depois da conclusão, este número é muito reduzido), os quais são fatores positivos que devem ser ressaltados.

Na visão de Dantas e Leite (2019), os benefícios da inclusão da energia eólica para a garantia da matriz elétrica brasileira, por causa da sua complementariedade com o regime hídrico, e para a manutenção do caráter limpo e renovável da matriz brasileira são indiscutíveis.

Conforme Damasceno e Abreu (2018), como oportunidade, a sociedade se beneficia vastamente da geração de eletricidade por meio da fonte eólica, uma vez que a mesma não emite gases poluentes, não origina resíduos, origina novas oportunidades de trabalho, por não comprometer o solo, podendo ser reutilizado, assim como faz com que a matriz energética seja diversificada.

De acordo com Damasceno e Abreu (2018), é plausível compreender do mesmo modo que a geração de eletricidade por meio da fonte eólica, além de originar benefícios à sociedade, possui qualidades que estimulam o investimento e o crescimento do setor tanto para o Brasil quanto para outros países. A importância da fonte se confirma com o panorama em que a mesma se encontra mundialmente e a expectativa futura de que conceba no mínimo 27% do consumo mundial de eletricidade em 2030. O investidor do mesmo modo possui benefícios superiores aos

negativos, como a vida útil da usina, baixa manutenção, existência de mercado imediato e o pelo acontecimento de ser abundante, havendo elevada disponibilidade.

Conforme Ferreira Júnior e Rodrigues (2015), a energia eólica no Brasil passou por um momento de vagaroso desenvolvimento, contudo os projetos contratados nos últimos anos necessitarão quintuplicar a capacidade instalada. Trata-se da tecnologia limpa que é a que mais tem crescido desde a primeira década do século XXI, originando benefícios ambientais e sociais para vários países. A indústria eólica está incidindo por uma etapa decisiva de solidificação, proporcionando estágio além disso imaturo. A energia eólica é uma fonte nova na idealização de aumento do sistema elétrico brasileiro, embora o grande potencial de exploração e um sistema hidro eólico no Brasil pode proporcionar energia ambientalmente sustentável e satisfatória para prover a previsão de demanda nas próximas décadas.

De acordo com Ferreira Júnior e Rodrigues (2015), com a instalação de novas usinas, o Ministério de Minas e Energia tem como finalidade atingir outros benefícios não energéticos, como o impulso da indústria nacional de equipamento, a geração de empregos e a diminuição de emissões de GEE, especialmente o CO_2.

Conforme Ferreira Júnior e Rodrigues (2015), ainda que o Brasil ainda aparece como um dos países com maior número de empregos verdes, por causa da sua grande indústria de bicombustíveis. Além dos empregos diretos no local, existe outros benefícios alcançados pelos moradores locais e pelos empreendedores. Mais concreto é o benefício dos proprietários das terras nos locais está instalado o parque eólico. Os benefícios são além disso maiores quando a usina está situada em localidades de baixo desenvolvimento econômico. Pode trazer além disso outros benefícios sociais, podendo acrescentar a renda total das comunidades abrangidas pelos parques e proporcionar oportunidades de empregos temporários. O acelerado crescimento da energia eólica no Brasil pode ocasionar múltiplos benefícios regionais e colaborar para o desenvolvimento sustentável no Brasil, compreendendo como um induzidor de crescimento regional, principalmente em locais com baixo desenvolvimento econômico,

Segundo Terciote (2002), o mais importante benefício ao meio ambiente da geração eólica é a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. O dióxido de carbono é o gás com maior responsabilidade pela gravidade do efeito estufa induzindo a mudança climática global a implicações desastrosas. A contemporânea tecnologia

eólica oferece um balanço energético muito favorável e as emissões de CO_2 pertinentes com a fabricação, instalação e serviços no decorrer de todo ciclo de vida do aerogerador são “recuperados” após os três a seis meses de fabricação. Além do aludido, estes fatores também impulsionam a energia eólica: diminui a dependência de combustíveis fósseis, sendo o vento um recurso farto e renovável; as centrais eólicas ocupam um pequeno espaço físico e admitem o prosseguimento de atividades entre os aerogeradores (pastagens e agricultura); desenvolvimento da economia local e oferta de empregos.

Conforme Terciote (2002), estudos concretizados na Escócia avaliam ser entre 500 a 1500 empregos associados a cada 0,3 a 1 GW de potência instalada. Tem-se ainda o fato de que a emissão de poluentes é ínfima, não cooperando para a mudança climática global, chuva ácida etc.

De acordo com Terciote (2002), tem-se ainda fatores como o fato de que se trata uma indústria em ampla ascensão e com bom potencial no Brasil (especialmente em determinadas regiões do litoral nordestino). Colabora ainda para a diversidade de fornecimento de energia e pode ser conectada à rede. A tecnologia está inteiramente dominada e além disso em grande desenvolvimento, com diminuição contínua de custos de construção e geração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral identificar de que forma a fonte de energia eólica pode beneficiar o país futuramente e o mesmo foi atingido, pois por meio da pesquisa bibliográfica, identificou-se que trata-se de uma fonte de energia que se encontra em expansão.

Para que o objetivo principal fosse atingido, foram elaborados objetivos específicos, sendo estes, identificar na literatura conceitos sobre a fonte de energia e identificar quais são as vantagens e desvantagens da utilização da energia eólica e, por fim, compreender de que forma a utilização de fontes de energias eólicas podem beneficiar o país futuramente.

A partir do atingimento dos objetivos propostos, foi possível responder ao problema de pesquisa, uma vez que identificou-se que a utilização da energia eólica gera uma série de benefícios futuros para o país, dentre eles, que as centrais eólicas ocupam um pequeno espaço físico, acrescenta na renda total das comunidades abrangidas pelos parques, proporciona oportunidades de empregos temporários, ocasiona múltiplos benefícios regionais, colabora para o desenvolvimento sustentável, não emite gases poluentes, não origina resíduos, origina novas oportunidades de trabalho, não compromete o solo, pode ser reutilizado, faz com que a matriz energética seja diversificada, dentre outros.

O tema não se esgota aqui, podendo o mesmo ser aprofundado, dada a sua importância e as diversas inovações advindas no decorrer do tempo, tornando-se um investimento que gera uma série de vantagens e benefícios como fonte energética.

REFERÊNCIAS

AGUSTINI, C. B. **Perspectiva do mercado brasileiro no setor elétrico eólico**. 2013. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/108448>. Acesso em 19 out. 2018.

ASSIS, Anderson. **A energia eólica para o consumo residencial.** 33 fls. Curso de Pós-graduação em Curso de Especialização em Economia e Meio Ambiente. Departamento de Economia Rural e Extensão. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/43943/R%20-%20E%20-%20ANDERSON%20DE%20ASSIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 12 mar. 2019.

CAMARGO, F. Desafios e oportunidades para a energia éolica no Brasil. Brasília: Supernova Design, 2015.

CASTRO, R. M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada**. 4. ed. ed. [S.l.]: [s.n.], 2009.

DAMASCENO, Vitor Silva; ABREU, Yolanda Vieira de Abreu. Avaliação da energia eólica no Brasil utilizando a análise SWOT e PESTEL. **Interações,** Campo Grande, MS, v. 19, n. 3, p. 503-514, jul./set. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/inter/v19n3/1518-7012-inter-19-03-0503.pdf>. Acesso em 22 mai. 2019.

DANTAS, Guilherme de A.; LEITE, André Luís da Silva. **Os custos da energia eólica brasileira.** Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/Os_custos_energia.pdf>. Acesso em 6 mai. 2019.

DUTRA, Ricardo. **Energia Eólica Princípios e Tecnologias.** Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf>. Acesso em 10 mar. 2019.

FERREIRA JÚNIOR, Júlio César Gomes; RODRIGUES, Manoel Gonçalves. Administração nas Faculdades São José Rodrigues. Um estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual,** Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, 2015, p. 02-13. Disponível em: <file:///C:/Users/Sandra%20Horta/Downloads/100-315-1-PB%20(2).pdf>. Acesso em 22 mai. 2019.

FREIRE, Luciano. **Energias renováveis complementares:** benefícios e desafios. Disponível em: <http://www.fgv.br/fgvenergia/renovaveis_luciano_freire/files/assets/common/downloads/Renovaveis_Luciano_Freire.pdf>. Acesso em 3 mai. 2019.

GOMES, Gilson Mauriz. **Energia Eólica:** em busca da sustentabilidade. Disponível em: <https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/fisica/energia-eolica-busca-sustentabilidade.htm>. Acesso em 20 mai. 2019.

GOMES, Luiz Eduardo Bueno; HENKES, Jairo Afonso. Análise da energia eólica no cenário elétrico: aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. **R. Gest. Sust. Ambient.,** Florianópolis, v. 3, n. 2, p.463 - 482, out. 2014/mar.2015. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/2536/1843>. Acesso em 7 mai. 2019.

KASPARY, Rosane Maria; JUNG, Carlos Fernando. Energia eólica no brasil: uma análise das vantagens e desvantagens. XI Congresso Nacional em Excelência em Gestão. 13 e 14 de agosto de 2015. **Anais...** Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_430.pdf>. Acesso em 12 mar. 2019.

LIMA, Marisa Rodrigues de. **O uso da energia eólica como fonte alternativa para solucionar problemas de energia e bombeamento de água subterrânea em locais isolados.** 45 fls. (Trabalho de Conclusão de Curso). Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/files/tccmarisarodrigues.pdf>. Acesso em 10 mar. 2019.

MARTINS, F. R. GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 30, n. 1, (2008). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/301304.pdf>. Acesso em 12 mar. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Energia eólica no Brasil e no mundo.** Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento. Núcleo de Estudos Estratégicos. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/15+-+Energia+E%C3%B3lica+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29+-+NOVO/f63a15ea-9d2c-4d27-9400-5d7c3fd97b22?version%20=%201.4>. Acesso em 20 mai. 2019.

MORGADO, Ana; LEITÃO, Ana; COSTA, Ana Raquel; SILVA, Bárbara; SANTOS, Helena Barranha Marta. **A Energia Eólica em Portugal.** Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/QUI606_relatorio.pdf>. Acesso em 4 mai. 2019.

PICOLO, Ana Paula; BÜHLER, Alexandre J.; RAMPINELLI, Giuliano Arns. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 36, n. 4, (2014). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n4/v36n4a07.pdf>. Acesso em 12 mar. 2019.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica.** 3. ed. São Paulo: Manole, 2017.

REIS, Pedro. **Vantagens e desvantagens da energia eólica.** 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>. Acesso em 9 mai. 2019.

SANTOS, A. H. M**. Eficiência energética teoria e prática**. 1. ed. Itajuba: Câmara Brasileira do livro, 2007.

SANTOS, Alison Alves dos; RAMOS, Daniel Silva; SANTOS, Nilson Tadeu Fernandes dos; SANTOS, Pedro Porto de Oliveira. **Projeto de geração de energia eólica.** Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Industrial Mecânica. 75 fls. (Projeto). Universidade Santa Cecília. Curso de Engenharia Industrial. 2006. Disponível em: <https://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>. Acesso em 4 mai. 2019.

TERCIOTE, Ricardo. **A energia eólica e o meio ambiente.** Disponível em: <https://www.feagri.unicamp.br/energia/agrener2002/jdownloads/pdf/0085.pdf>. Acesso em 5 mai. 2019.

VIEIRA, A, Y. **Avaliação da energia eólica no Brasil**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/inter/v19n3/1518-7012-inter-19-03-0503.pdf>. Acesso em 20 out. 2018.