

IMPACTOS AMBIENTAIS DO CICLO DE VIDA DE TURBINAS EÓLICAS NO ESTADO DO CEARÁ

Elton Aécio Andrade Barros (Engenheiro Mecânico - Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza – UNIFOR) E-mail: eltonaacio@hotmail.com

Myrna Maria Arcanjo Frota Barros (Professora Doutora da Universidade Federal do Ceará) E-mail: myrnaarcanjo@ufc.br

José Rui Barbosa (Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza – UNIFOR) E-mail jrui@unifor.br

Resumo: O constante crescimento do consumo energético mundial tem feito surgir fontes alternativas de energia. A energia eólica tem importante papel nesse cenário, no entanto pouca preocupação tem sido direcionada aos impactos gerados, assim como o descarte de componentes de aerogeradores no fim de sua vida útil. O objetivo desse trabalho é identificar os impactos ambientais gerados pelo ciclo de vida das turbinas eólicas no Estado do Ceará. Foi criado o Questionário de Impactos Ambientais do Ciclo de Vida de Turbinas Eólicas com 20 perguntas objetivas, e este foi dividido em 3 blocos: impactos relacionados à instalação, impactos relacionados à operação e impactos relacionados ao descarte de componentes. O estudo foi realizado com empresas localizadas no Ceará, Brasil, que realizam projeto, instalação e manutenção de parques eólicos. Ao todo 7 empresas participaram voluntariamente do estudo. 57,1% dos parques eólicos estão localizados próximos a áreas residenciais ou de preservação ambiental. Aproximadamente 86% dos empreendimentos necessitaram de construção de vias de acesso. 57,1% das empresas não realizam reciclagem de equipamentos ou componentes descartados e 100% dessas não têm estudado medidas para implementar políticas de reciclagem. É possível identificar características e fatores geradores de impactos ambientais que poderiam ser minimizados, caso medidas preventivas fossem tomadas pelas empresas em questão. Os danos ao meio ambiente e inerentes a geração de energia eólica podem ser controlados com a adesão de políticas que priorizem a reciclagem de materiais e proteção do meio ambiente.

Palavras-chave: Energia eólica, Impacto Ambiental, Ciclo de vida.

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE LIFE TURBINE CYCLE IN CEARÁ STATE

Abstract: The steady growth of world energy consumption has brought about alternative sources of energy. Wind power plays an important role in this scenario, however little concern has been directed at the impacts generated, as well as the disposal of wind turbine components at the end of their useful life. The objective of this study is to identify the environmental impacts generated by the life cycle of wind turbines in the State of Ceara. The Environmental Impacts Questionnaire of the Wind Turbine Life Cycle was created with 20 objective questions, and this was divided into three blocks: impacts related to the installation, impacts related to the operation and impacts related to the disposal of components. The study was carried out with companies located in Ceará, Brazil, that carry out design, installation and maintenance of wind farms. In all 7 companies voluntarily participated in the study. 57.1% of wind farms are located near residential or environmental preservation areas. Approximately 86% of the projects required the construction of access roads. 57.1% of companies do not recycle discarded equipment or components and 100% of companies have not studied measures to implement recycling policies. It is possible to identify characteristics and factors that generate environmental impacts that could be minimized if preventive measures were taken by the companies in question. Damage to the environment and inherent in wind power generation can be controlled by adhering to policies that prioritize recycling of materials and protection of the environment.

Kywords: Wind energy, Environmental impact, Life cycle.

1. Introdução

Segundo Lima (2016), as consequências do uso exacerbado dos combustíveis fósseis, e a grande concentração de CO₂ provocada por esses combustíveis oriundos do petróleo vêm despertando o interesse de se investir em tecnologias para produção de energia limpa e renovável. Já são diversas as fontes de energias renováveis, sendo que no Brasil a energia eólica já representa 25% da produção nacional.

Segundo Custódio (2013), nas últimas décadas, o constante crescimento do consumo energético mundial devido ao desenvolvido socioeconômico e tecnológico dos países, as crises energéticas e a preocupação em relação aos impactos ambientais gerados pelas fontes de origem fóssil, que são responsáveis pela poluição atmosférica e pelo aquecimento global, têm provocado a pesquisa e investimentos na busca por energias renováveis.

Ainda segundo Custódio (2013), os principais tipos de energias renováveis são: hídrica, das marés, solar, biomassa e, principalmente, eólica. Esta originada pela força do vento vem ganhando espaço como uma fonte de energia limpa e renovável capaz de substituir aquelas. Isso se deve ao fato de seu grande potencial de crescimento em determinadas regiões onde a incidência da corrente de ar é adequada, pois permite a geração de eletricidade utilizando turbinas eólicas de pequeno, médio e grande porte.

De acordo com Barbosa Filho et al (2013), o aumento do número de usinas eólicas tem gerado impactos na fauna e na flora local desde o período da preparação para instalação da usina até mesmo durante a permanência do empreendimento na sua fase de operação, uma vez que ocorre a supressão da vegetação, remoção de terra e compactação do terreno, além da mortandade de aves.

Ademais, as usinas eólicas quando em operação ou em processo de instalação podem degradar consideravelmente a área ocupada, devido ao processo de desmatamento, de topografia, e de terraplanagem, pois é necessária a criação e manutenção de uma rede de vias de acesso para os aerogeradores (BARBOSA FILHO et al, 2013).

Para Barbosa filho et al (2013), os impactos gerados pela terraplanagem estão relacionados com atividades de retirada e soterramento da cobertura vegetal, abertura de cortes transversais e longitudinais e aterros para a abertura de vias de acesso, área de manobra para caminhões, pás mecânicas e tratores de esteira e preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras.

Estudos nesse sentido têm demonstrado que tais atividades geralmente se realizam num sistema ambiental de preservação permanente podendo causar extinção de setores fixados pela vegetação, além da supressão de ecossistemas até então ocupados por fauna e flora (BATISTA,

2010).

Sendo assim, do ponto de vista dos impactos na fauna, as turbinas de vento para geração de energia elétrica têm representado uma grande ameaça para as populações de morcegos e aves. Isso se deve a rotação das turbinas que causa uma queda da pressão atmosférica na região próxima à extremidade das pás, e quando um morcego passa por essa área de baixa pressão seus pulmões sofrem uma expansão repentina, o que resulta no rompimento dos vasos capilares desse órgão provocando hemorragia interna (BARBOSA FILHO et al, 2013).

Frente a isso, a construção de parques eólicos não pode se limitar apenas a fatores técnicos como a disponibilidade dos ventos, visto que sua instalação e operação geram diversos danos ao meio ambiente. Outro importante impacto é a poluição sonora gerada por esses aerogeradores de grande porte em razão do seu princípio de funcionamento, quando instalados próximos a região habitada, que acaba por provocar problemas de saúde pública, uma vez que podem elevar o nível de estresse nas pessoas, podendo causar agressividade, transtornos psíquicos, dentre outros impactos (PINTO, 2013).

Apesar dos impactos ambientais provocados pelas fontes de energia renovável serem menores em comparação às fontes não renováveis, aquelas ainda promovem efeitos negativos ao meio ambiente. Com isso em mente e com o fato da energia eólica está sendo cada vez mais utilizada no Brasil, que pode ser constatada pelo crescente número de parques eólicos, principalmente, na região nordeste do país, essa temática tem chamado a atenção dos estudiosos em meio ambiente sobre os diversos efeitos negativos que essa fonte tem provocado, desde a sua instalação até o descarte dos seus componentes principais. Dessa forma, chegou-se ao seguinte questionamento: quais os impactos que o ciclo de vida das turbinas eólicas tem provocado ao meio ambiente e o que tem sido feito para reduzi-los?

Em termos ambientais, a energia eólica provoca menos danos ao meio ambiente se comparada às fontes advindas de combustíveis fósseis, apesar disso ela ainda produz impactos relevantes que devem ser considerados, principalmente devido a sua crescente utilização.

Em vista disso, faz-se necessário um estudo e identificação dos danos ambientais provocados pelo ciclo de vida das turbinas eólicas para que medidas possam ser tomadas com o objetivo desses efeitos serem mitigados ou até mesmo eliminados.

Dentre os diversos tipos estudo utilizado em pesquisas para identificar os impactos ambientais, a criação de um questionário que possibilite o planejamento estratégico para instalação de novos parques eólicos, assim como a limitação dos danos de parques já instalados é uma estratégia interessante e de baixo custo.

Este trabalho tem por objetivo geral identificar os impactos ambientais gerados pelo ciclo de vida das turbinas eólicas no Estado do Ceará e como objetivos específicos: criar um questionário que reúna os principais impactos, que podem ser gerados pelo ciclo de vida das turbinas eólicas; e determinar os impactos ambientais do ciclo de vida das turbinas eólicas no Ceará.

2. Metodologia

2.1 Classificação da pesquisa

Trata-se de um estudo descritivo, transversal, de natureza quantitativa. Os estudos descritivos e transversais descrevem uma ocorrência num determinado momento e, geralmente, pesquisas na área da engenharia utilizam o método quantitativo, pois buscam explicações objetivas com ênfase em dados numéricos (ESTRELA, 2005).

2.2 Sujeitos do estudo

Empresas localizadas no Ceará, Brasil, que realizam projeto, instalação e manutenção de parques eólicos no Estado no ano de 2018.

2.3 Coleta de dados

Para possibilitar a compreensão e a prática desse trabalho, inicialmente, foi necessária uma ampla busca na literatura especializada sobre o tema. Assim, foi possível perceber que os impactos ambientais do ciclo de vida de turbinas eólicas são divididos em três momentos: o momento da instalação das turbinas eólica, o da sua operação e do fim da vida útil do equipamento, referente ao descarte de seus componentes no meio ambiente.

Diante disso, foi criado o Questionário de Impactos Ambientais do Ciclo de Vida de Turbinas Eólicas, com vinte perguntas objetivas, e este foi dividido em três blocos:

Bloco 1 → Impactos relacionados a instalação;

Bloco 2 → Impactos relacionados a operação;

Bloco 3 → Impactos relacionados ao descarte de componentes.

O Bloco 1 é composto por dez perguntas que se referem aos impactos relacionados a instalação dos parques eólicos, o Bloco 2 contém seis perguntas que se referem aos impactos da operação dos parques eólicos e o Bloco 3 trata-se dos impactos relacionados ao descarte dos componentes das turbinas eólicas, sendo composto por quatro perguntas. É possível justificar essa diferença pelo fato do Bloco 1 ser de maior importância no que se refere aos impactos ambientais gerados, pois a instalação de um parque eólico deve ser cuidadosamente estudada antes do projeto entrar em execução, por gerar dados irreversíveis a área.

É importante destacar que o Questionário de Impactos Ambientais do Ciclo de Vida de

Turbinas Eólicas foi confeccionado por um único pesquisador e passou por validação ortográfica e conceitual do orientador do estudo.

Para realização desse trabalho foi, inicialmente, feito contato com o núcleo de energia da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) com objetivo de obter informações sobre as empresas que atuam no ramo de projeto, instalação e manutenção de parques eólicos no Estado.

A plataforma *Google Forms* foi utilizada como mecanismo para criação do questionário eletrônico. Esse foi devidamente enviado para o engenheiro responsável de cada empresa participante do estudo, após contato telefônico prévio. Depois do preenchimento do questionário pelas empresas, os dados referentes às respostas foram exportados para uma planilha eletrônica em Excel.

2.4 Critérios de inclusão e exclusão

As empresas selecionadas para aplicação do questionário foram aquelas que atuam em projeto, instalação e manutenção de parques eólicos no Estado do Ceará. Aquelas que não executavam algum desses serviços, não foram contempladas nesse estudo.

2.5 Análise dos dados

Os dados foram tabulados no Microsoft Excel e exportados para o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 20,0 para Windows no qual foram expressas as frequências absoluta e percentual de cada variável. As frequências absolutas e percentuais foram consideradas apenas para respostas válidas, perguntas não respondidas não foram tabuladas.

3. Resultados e Discussões

A FIEC repassou uma lista com quatorze empresas que atuam em projeto, instalação e/ou manutenção de parques eólicos no Estado do Ceará. Após avaliação preliminar por meio de busca eletrônica de informações, resultaram apenas dez que executavam todos os serviços e que foram incluídas nesse estudo.

A comunicação com cada empresa foi realizada via telefone e visitas, no qual foi efetuada uma breve explicação sobre este trabalho, sua importância, bem como instruções de preenchimento do formulário. O preenchimento foi realizado sempre por um engenheiro responsável.

Dentre as dez empresas incluídas nesse estudo, em duas não foi possível a comunicação. Portanto, oito empresas foram contatadas, sendo que uma recusou-se responder o questionário, restando sete respostas para avaliação.

Na Tabela 1 foi descrita todas as respostas referentes ao Bloco 1 de perguntas, ou seja, descrevem os impactos relacionados à instalação. Impactos ambientais importantes podem ser observados, como por exemplo, a maioria (n=4, 57,1%) dos parques eólicos está localizado próximos a áreas residenciais ou de preservação ambiental. Em relação ao espaçamento entre as turbinas, 42,9% (n=3) não respeitaram a recomendação que este deve se dá de cinco a dez vezes a altura da torre, no entanto a maioria das empresas pesquisadas (n=4, 57,1%) respeitam tal recomendação.

Segundo Barradas (2014), a distribuição uniforme do espaçamento entre as turbinas contribui para redução do impacto visual. Além disso, a PUCRS (2018), afirma que usar o espaçamento entre turbinas de no mínimo 5 a 10 vezes a altura da torre evita a perturbação no escoamento do vento entre as unidades, mantendo assim a eficiência do equipamento.

A padronização das turbinas referente ao tamanho, design, número de pás e cor também é recomendada, de acordo com a Tabela 1, todas as empresas realizam esta padronização (n=7, 100%). Foi questionado também, se o parque eólico das empresas entrevistadas está localizado próximo a áreas de migração ou de reprodução de aves, a maioria das empresas respondeu que não (n=4, 80%), uma respondeu que sim (n=1, 20%) e duas empresas não responderam essa pergunta.

De acordo com Barradas (2014), a localização de parques eólicos em áreas de migração ou reprodução de aves representa um risco para os animais voadores que habitam essas áreas.

Consoante a Tabela 1, nenhum parque eólico das empresas estudadas se localiza próximo a receptores e transmissores de ondas de rádio, televisão e micro-ondas (n=7, 100%). A maioria das empresas aproveitam a área de seus parques eólicos para produção agrícola ou atividade de lazer (n=4, 57,1%), no entanto boa parte delas ainda não tem essa preocupação (n=3, 42,9%).

A avaliação da compatibilização da instalação do parque com as possíveis aplicações, aproveitamento ou uso dessa área para não afetar negativamente essa região é uma medida importante, pois pode possibilitar uma redução dos impactos (BARRADAS, 2014).

A partir da Tabela 1 verifica-se que a necessidade de construção de vias de acesso ao parque eólico é um importante fator gerador de impactos negativos ao meio ambiente e nesse estudo 85,7% (n=6) das empresas realizaram essas construções para a instalação de parques eólicos no Ceará. No entanto, no que se refere a necessidade de aterramento de lagoas, destruição de casas, devastação de dunas ou interferências em aquíferos somente duas empresas (n=2, 33,3%) realizaram essa prática.

Ainda conforme a Tabela 1 é possível observar que os conflitos com moradores locais ou população de pescadores quando da instalação de parque eólico é frequente, esse estudo mostra que 42,9% (n=3) das empresas questionadas tiveram esse problema. A priorização de um número pequeno de grandes turbinas eólicas ao invés de muitas turbinas de pequeno porte é recomendada, a maioria das empresas (n=4, 66,7%) praticam esta recomendação, 33,3% (n=2) não o fazem e uma empresa não respondeu a essa pergunta.

Tabela 1 - Impactos relacionados a instalação por empresas do Ceará, Brasil, 2018.

	n	%
1. O parque eólico se localiza próximo a áreas residenciais ou de preservação ambiental?		
Não	3	42,9
Sim	4	57,1
2. O espaçamento entre as turbinas se dá de 5 a 10 vezes a altura da torre?		
Não	3	42,9
Sim	4	57,1
3. Há padronização das turbinas referente ao tamanho, seu design, número de pás e cor?		
Não	0	0,0
Sim	7	100,0
4. O parque eólico está localizado em áreas de migração de aves ou áreas de reprodução?		
Não	4	80,0
Sim	1	20,0
5. O parque eólico se localiza próximo a receptores e transmissores de ondas de rádio, televisão e micro-ondas?		
Não	7	100,0
Sim	0	0,0
6. A área do parque é aproveitada para produção agrícola ou atividade de lazer?		
Não	3	42,9
Sim	4	57,1
7. Foi necessária a construção de vias de acesso ao parque eólico?		
Não	1	14,3
Sim	6	85,7
8. Houve a necessidade de aterramento de lagoas, destruição de casas, devastação de dunas ou interferências em aquíferos?		
Não	4	66,7
Sim	2	33,3
9. Houve algum conflito com moradores locais ou população de pescadores em relação a instalação do parque eólico?		

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 2 foi descrita todas as respostas referentes ao Bloco 2 de perguntas, ou seja, descrevem os impactos relacionados à operação. Todas as empresas afirmam que o nível de

ruído máximo gerado pelas turbinas de seus parques eólicos está de acordo com as normas vigentes (n=7, 100%), assim como grande parte delas realiza o monitoramento frequente do nível de ruído gerado por suas turbinas (n=5, 83,3%).

O ruído produzido durante a operação das turbinas eólicas pode influenciar na mortalidade de algumas espécies de morcegos que se orientam via ecolocalização e podem ser atraídos por ele (WANG; WANG, 2015). Além disso, ele pode provocar danos ao aparelho auditivo e ao cérebro produzindo efeitos subjetivos e fisiológicos nos seres humanos (BARRADAS, 2014).

Como mostra a Tabela 2, na maioria dos parques eólicos existe sinalização nas pás e na estrutura das turbinas eólicas para minimizar a colisão de aves (n=6, 85,7%). Duas empresas não responderam ao questionamento referente a existência de monitoramento da quantidade de aves mortas e suas espécies, das que responderam 80% (n=4) afirmam que realizam esse acompanhamento.

Todas as empresas estudadas (n=7, 100%) seguem um plano de manutenção das turbinas eólicas de acordo com o fabricante e quando questionadas sobre a realização de algum estudo sobre alteração no clima, na incidência de chuvas ou na mudança de temperatura, antes e após a instalação do parque eólico, 66,7 % (n=4) não realizam esse tipo de estudo, 33,1% (n=2) responderam que sim e uma das empresas não respondeu a essa pergunta (Tabela 2).

Pesquisa anterior demonstra que o uso de energia eólica pode afetar a distribuição de chuvas e nuvens ao redor do mundo, e que se 10% da energia consumida for proveniente de parques eólicos, em 2100 a temperatura global aumentaria em 1°C (WANG; WANG, 2015).

Tabela 2 - Impactos relacionados a operação por empresas do Ceará, Brasil, 2018.

	n	%
1. O nível de ruído máximo gerado pelas turbinas está de acordo com as normas vigentes?		
Não	0	0,0
Sim	7	100,0
2. Existe monitoramento frequente do nível de ruído gerado pelas turbinas?		
Não	1	16,7
Sim	5	83,3
3. Existem sinalizações nas pás e na estrutura das turbinas eólicas para minimizar a colisão de aves?		
Não	1	14,3
Sim	6	85,7
4. Há o monitoramento da quantidade de aves mortas e suas espécies?		
Não	1	20,0
Sim	4	80,0

5. É seguido o plano de manutenção de acordo com as recomendações do fabricante?		
Não	0	0,0
Sim	7	100,0
6. Já foi realizado algum estudo sobre o clima, incidência de chuvas ou mudança de temperatura, antes e após a instalação do parque eólico?		
Não	4	66,7
Sim	2	33,3

Fonte: Próprio autor.

O Bloco 3 de perguntas descreve os impactos relacionados ao descarte de componentes. A maioria (n=4, 57,1%) das empresas responsáveis por projeto, instalação e manutenção dos parques eólicos no Ceará e pesquisadas nesse estudo não realizam reciclagem de equipamentos ou componentes descartados, como demonstrado no Gráfico 1, das que realizam (n=3, 42,9%), apenas duas especificaram que reciclam os componentes estruturais das turbinas eólicas, e uma das empresas que respondeu que realiza a reciclagem de equipamentos não especificou que tipo de componentes são reciclados. Dos 42,9% (n=3) que realizam a reciclagem de equipamentos, todos enviam para outras empresas realizarem os processos de reciclagem e uma delas (n=1, 14,3%) também realiza esse processo na própria empresa.

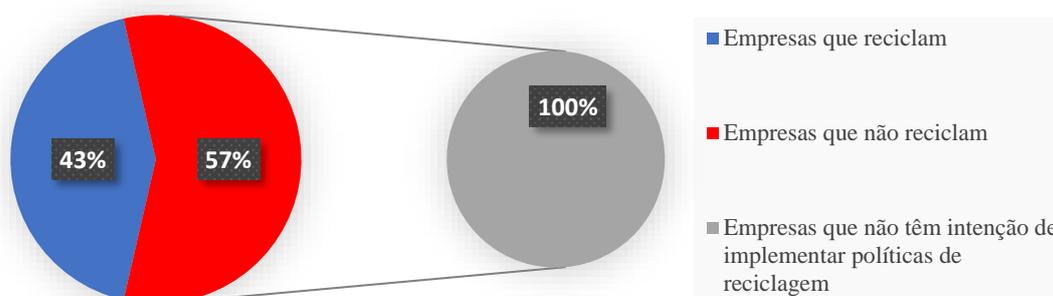
A partir do Gráfico 1 também é possível perceber que as empresas que não realizam reciclagem de equipamentos ou componentes descartados, 100% dessas (n=4) não têm estudado medidas para implementar políticas de reciclagem, resultado preocupante frente à atenção constante com o meio ambiente, cada vez mais valorizada ao redor do mundo.

Estudos recentes realizados pelo *Wind Power Monthly* afirmam que até 2020 a Europa descartará 50000 toneladas de pás de aerogeradores. No Brasil, apesar do uso da energia eólica ser mais recente, a problemática do descarte dos componentes de turbinas eólicas após o fim de sua vida útil, já vem sendo alertada por pesquisadores (CRISTINO, 2012).

Segundo Cristino (2012), normalmente as pessoas focam na geração de energia eólica e esquecem da grande quantidade de resíduos sólidos gerados, cujo impacto ambiental ainda é pouco estudado.

Gráfico 1 - Existência de política de reciclagem de equipamentos ou componentes descartados por defeitos ou fim da vida útil por empresas responsáveis pela instalação e/ou manutenção de parques eólicos no Ceará, Brasil, 2018.

Política de reciclagem de equipamentos ou componentes descartados por empresas responsáveis pela instalação e/ou manutenção de parques eólicos



Fonte: Próprio autor.

Algumas dificuldades foram encontradas na realização desse trabalho, com destaque para o levantamento das informações, junto a FIEC, das empresas do ramo de energia eólica que tinham o perfil adequado para realização dessa pesquisa; a comunicação com os engenheiros responsáveis nas empresas e o convencimento dos engenheiros em responder o questionário proposto.

O questionário desenvolvido contribuiu na obtenção de dados para a realização desse trabalho. Seu caráter é essencialmente quantitativo e pode-se concluir que: é aplicável em qualquer empresa que atue em projeto, instalação e manutenção de parque eólico; é de fácil aplicação e interpretação dos dados; possibilita identificar mediante dados estatísticos os impactos preponderantes em um empreendimento; gera dados para tomadas de decisão para mitigação e/ou redução dos danos ambientais.

4. Conclusões

Diversas condições desfavoráveis à preservação do ambiente foram encontradas, como a maioria das empresas desse estudo realizou a construção de parques eólicos próximo a áreas residenciais ou de preservação ambiental, assim como foi necessária a construção de vias de acesso ao empreendimento. Ademais, houve caso de interferência em áreas de migração e/ou reprodução de aves. A maioria das empresas não realizaram estudos sobre as possíveis mudanças climáticas locais.

Além disso, a pouca preocupação com a reciclagem de componentes ou equipamentos

das turbinas eólicas foi um dos problemas identificados. Um dado alarmante observado foi que todas as empresas que não realizam reciclagem de materiais não tinham pretensão de iniciar essa prática até o momento da coleta desses dados.

A partir desse estudo é possível concluir que há urgência na adoção de políticas que priorizem a reciclagem de materiais e proteção do meio ambiente para controle dos danos inerentes a geração de energia eólica.

Referências

BARBOSA FILHO, W. P. & DE AZEVEDO, A. C. S. *Impactos ambientais em usinas eólicas*. Agrener GD, Vol. 1, p. 1-17, 2013.

BARRADAS, R. V. *Impactos socioambientais nas aplicações de energia eólica para geração de eletricidade*. 2014. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.

BATISTA, C. T. *A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo*. 2010. 147f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1422>> Acessado: 15/05/2018

CRISTINO, L. G. *Vem aí a sucata eólica*. Revista UNESP Ciência, São Paulo, ano 3, n. 29, p. 42-43, abr. 2012.

CUSTÓDIO, R.S. *Energia eólica para produção de energia elétrica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Revista e ampliada. Editora Synergia, 2013.

ESTRELA, C. *Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa*. Artes Médicas, 2005.

LIMA, S.A. *Influência de características ambientais no ciclo de vida dos componentes de turbinas eólicas*. 2016. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia de Produção. Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Fortaleza, 2016.

PINTO, M. O. *Fundamentos de Energia Eólica*. LTC Editora, 2013.

WANG, C. & PRINN, R.G. *Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms*. Atmospheric Chemistry and Physics Vol. 10, n. 4, p. 2053-2061, 2010.

WANG, S & WANG, S. *Impacts of wind energy on environment: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 49, p. 437-443, 2015.