

# ENERGIA EÓLICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE REVISÃO

WIND ENERGY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS: A REVIEW OF STUDY

JOÃO PAULO MINARDI DE AZEVEDO<sup>1\*</sup>, RAPHAEL SANTOS DO NASCIMENTO<sup>2</sup>, IGOR BERTOLINO SCHRAM<sup>3</sup>

1. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UNINGÁ; 2. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UNINGÁ; 3. Engenheiro Eletricista, Mestre em gerenciamentos de projetos pela FGV, professor da UNINGÁ.

\* Faculdade Maringá – Uningá, Rodovia PR 317, 6114, Maringá, Paraná, Brasil. CEP 87035-510. [joaominardi@hotmail.com](mailto:joaominardi@hotmail.com)

Recebido em 26/09/2016. Aceito para publicação em 11/12/2016

## RESUMO

A energia eólica é cada vez mais utilizada em todo o mundo como uma importante contribuição para a energia renovável. Entretanto os países de interesse estão preocupados com seus respectivos impactos ambientais. Assim, com a finalidade de contribuir com a discussão sobre este tema, o presente estudo teve como objetivo analisar o uso da energia eólica como fonte renovável e limpa, e apresentar o seu respectivo potencial gerador, podendo ser ela uma alternativa energética e grande aliada no combate a emissão de gases do efeito estufa. Para realização deste trabalho foi realizado um estudo analítico descritivo de revisão de literatura dos últimos 15 anos nos livros textos clássicos e nas principais bases de dados on-line. Concluiu-se neste estudo que a energia eólica tem um futuro ainda mais promissor com a conscientização pública das suas vantagens como fonte renovável de energia e a progressiva competitividade econômica. Contudo mesmo apresentando, como toda tecnologia energética apresenta, algumas características ambientais desfavoráveis, conforme visto neste trabalho, o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica deve ser encorajado e algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia eólica, efeito estufa, energia renovável, impactos ambientais.

## ABSTRACT

Wind energy is increasingly used worldwide as an important contribution to renewable energy. However the countries of interest are concerned about their environmental impact. Thus, in order to contribute to the discussion on this topic, this study aimed to analyze the energy use wind as a source renewable and clean, and present their respective potential generator, may be it an alternative energy and great ally in combat the emission of greenhouse gases. For this work was carried out a descriptive analytical study of recent literature review 15 years in classical textbooks and major online databases. It was concluded in this study that wind energy has a future even more

promising with the public awareness of its advantages as a renewable source of energy and increased economic competitiveness. But even with, like every energy technology presents some unfavorable environmental characteristics, as seen in this study, the use of wind for electricity generation should be encouraged and some of these features can be significantly minimized and even eliminated with proper planning and technological innovation.

**KEYWORDS:** Wind energy, global warming, renewable energy, environmental impacts.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes assuntos discutidos amplamente no mundo todo é a questão relativa à energia: o aproveitamento desta ainda não atingiu um nível satisfatório, visto que a imensa maioria da energia utilizada no planeta é de origem não renovável, seja de fonte mineral ou atômica. Atualmente, quando falamos em geração de energia, em qualquer parte do mundo a primeira visão que se tem é a de maior distribuição possível juntamente com a maior economia envolvida. Esses foram os principais fatores que nos levaram a desenvolver um trabalho relacionado à energia renovável (CEMIG, 2012).

A crescente preocupação com as questões ambientais, em especial o aumento ou intensificação do efeito estufa, que ficou retratado como aquecimento global, vem estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico que visam atingir uma sustentabilidade ambiental. Por isso, as fontes renováveis de energia terão participação cada vez mais relevante na matriz energética global nas próximas décadas. A energia dos ventos é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. Ela é obtida pela energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). A utilização desse tipo de energia tem aplicações milenares, e foi uma das primeiras formas energéticas de tração não animal utilizada pelo homem para mover os barcos, impulsionados por velas, ou fazer funcionar a

engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos e bombeamento de água (AMARANTE, 2001).

A utilização desta fonte energética para a geração de eletricidade, em escala comercial, teve início há pouco mais de 30 anos e através de conhecimentos da indústria aeronáutica os equipamentos para geração eólica evoluíram rapidamente em termos de ideias e conceitos preliminares para produtos de alta tecnologia. No início da década de 70, com a crise mundial do petróleo, houve um grande interesse, principalmente, de países europeus e dos Estados Unidos em desenvolver equipamentos para produção de eletricidade que ajudassem a diminuir a dependência do petróleo e carvão. O mundo precisa, portanto, de energia barata e limpa para permitir o crescimento econômico sem prejudicar o meio ambiente, ou seja, precisamos conciliar um futuro sustentável com o aumento da produção de energia. A solução está na busca da eficiência energética e no desenvolvimento de tecnologias limpas, ecologicamente sustentáveis (ALNASIR & KAZERANI, 2013; AQUILA, 2015).

Portanto, através desse conhecimento aponta-se a energia eólica como um tipo de energia bem diferenciado dos demais e que vem indicando resultados significativos de crescimento tanto em países desenvolvidos como em países emergentes. Esta última vantagem pode ser explorada por pessoas que queiram montar um módulo de energia próprio ao redor de suas casas e não precisar mais se filiar às empresas. Mas claro também há desvantagens que devem ser levadas em conta, como o barulho provocado, que não é muito elevado se o módulo for frequentemente monitorado, a área ocupada que deve ser específica (sem muitas elevações e habitações por perto), e principalmente que hoje como esta tecnologia ainda não está totalmente desenvolvida e o seu custo ainda é um pouco elevado, de modo que é muito difícil uma população ter o seu próprio fornecimento de energia elétrica gerada por meios eólicos e também que seu aproveitamento ainda não é satisfatoriamente elevado, entretanto esses fatores podem ser superados com o desenvolvimento desta tecnologia (AQUILA, 2015).

Assim, com a finalidade de contribuir com a discussão sobre este tema, o presente estudo tem como objetivo analisar o uso da energia eólica como fonte renovável e limpa, e apresentar o seu respectivo potencial gerador de energia elétrica, podendo ser ela uma alternativa energética e grande aliada no combate a emissão de gases do efeito estufa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A busca pelos artigos desta revisão foi realizada por meio de um levantamento de publicações sobre o tema deste trabalho. As palavras-chave empregadas foram,

energia eólica, efeito estufa, energia renovável e impactos ambientais, nos idiomas português e inglês.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção e o uso da energia estão fortemente relacionados com o desenvolvimento da sociedade. A humanidade cada vez mais precisa de energia elétrica para a sua sobrevivência, seja para uso doméstico, para produção industrial ou para o desenvolvimento e crescimento tecnológico de sua cidade, estado e país. Esse crescimento faz com que o homem agrida cada vez mais a natureza a fim de explorá-la e dela, conseguir matéria prima para geração de energia elétrica. De fato, a forma como a energia é produzida está na origem de muitos problemas ambientais atuais (TESTER *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2014).

Hoje em dia podemos encontrar dois tipos de energia que são conhecidos como fontes energéticas renováveis (permanentes) e não renováveis (temporários). As fontes energéticas não renováveis são fontes energéticas que possuem reservas limitadas, visto que o tempo para recuperação ou renovação desta reserva é de longo prazo, cerca de milhares de anos, comparando com o seu consumo (carvão mineral, petróleo, gás natural entre outros). Já as fontes renováveis, são fontes energéticas que possuem capacidade de regeneração em curto prazo, ou ainda que não se esgote como energia proveniente dos ventos, dos mares, do sol, entre outras. A utilização de energias alternativas tem sido amplamente buscada a partir da década de 1970 quando as crises do petróleo levaram muitos países a procurarem a segurança no fornecimento de energético e na redução da dependência da importação da energia. Essas fontes de energia se tornaram a principal estratégia para a mitigação global dos gases do efeito estufa (GEE), devido à importante participação do setor energético nas emissões globais (CARVALHO, 2003; SIMS *et al.*, 2007).

De acordo com as estimativas do SEEG (2015), o setor de energia foi o que apresentou a maior taxa média de crescimento anual. As emissões do setor partiram de um patamar de 220,8 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>) em 1990 para 449,3 milhões de toneladas em 2013, superando as emissões da agropecuária e praticamente equiparando-se às emissões por mudança de uso da terra. As emissões do setor de energia cresceram 33,4 Mt CO<sub>2</sub> e entre 2012 e 2013, aproximadamente, 8,0%. O forte crescimento das emissões do setor de energia, aliado ao decréscimo das taxas de desmatamento na Amazônia, fator esse que tem reduzido as emissões oriundas da mudança de uso da terra (exceção feita ao ano de 2013), modificou significativamente a participação de cada setor no total das emissões brasileiras ao longo do período estudado. O setor de energia passou de 11% das emissões em 2003, passou para 29% em 2013. Conforme as taxas de desmatamento continu-

em a ser reduzidas, o setor de energia tende a figurar entre os mais importantes em termos de emissões de GEE. Johansson *et al.*, (1993), em seus estudos previu que haveria um grande aumento na produção de energia renovável antes de 2050, especialmente a energia eólica que é um dos tipos de energia de crescimento mais rápido de energia renovável.

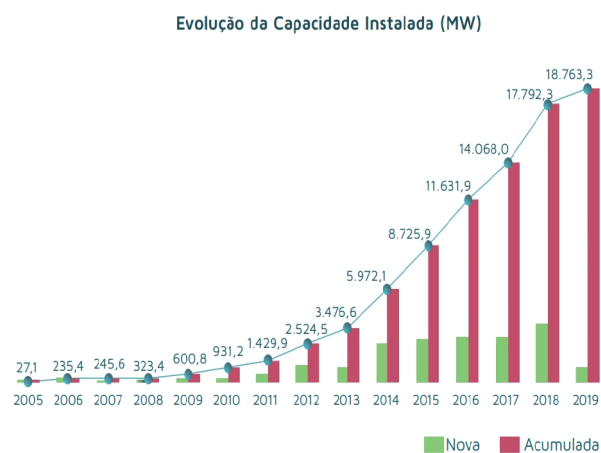
Como uma das tecnologias de energias renováveis mais maduras, a energia eólica tem visto seu crescimento acelerado durante a última década. Ela tornou-se a opção preferida para os planejadores e os governos nacionais, que procuram diversificar os recursos energéticos, para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, para criar novas indústrias, e para obter novas oportunidades de emprego. De acordo com o último Relatório Global Wind, toda a capacidade instalada de energia eólica mundial foi de 318,105 MW no final de 2013. No entanto, os desenvolvimentos de energia eólica não estão livres dos impactos ambientais adversos. A má compreensão desses impactos ambientais é uma preocupação séria para a indústria de energia eólica, especialmente nos países em desenvolvimento e regiões ecologicamente vulneráveis. Assim, a energia eólica é uma energia gerada através dos ventos. Essa energia vem sendo utilizada pelo homem a mais de 3.000 anos, principalmente em moinhos para moer grãos, transportar mercadorias em barcos a vela e bombear água sendo utilizado o mesmo procedimento até os dias de hoje, onde o vento atinge a hélice da qual gira um eixo impulsionando um gerador. Visto isto, essa energia não pode ser considerada nova, dado que seu avanço se iniciou juntamente com a eletricidade (GWEC, 2014; MACHADO, 2015).

Entretanto, um dos empregos que tem se tornado cada vez mais importante em todos os países é o aproveitamento da energia eólica para geração, em razão desta fonte ser limpa e renovável, ou seja, que não gera nenhum tipo de poluição e não agride o meio ambiente. Este tipo de energia por ser utilizada em três diferentes aplicações como sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede e os três sistemas respeita uma configuração, exigindo uma unidade de controle de potência e em determinados casos de uma unidade de armazenamento (GONTIJO, 2013).

Os mecanismos de aproveitamento para a produção de energia eólica, se dá por meio das grandes turbinas (aerogeradores) eólicos que tem destino principal maximizar o aproveitamento do vento para a produção de energia, respeitando os seguintes fatores como locais com muito e pouco vento, conexão aos sistemas elétricos locais, integração com o meio ambiente e impacto visual. Na atualidade existem diversos tipos de estruturas de turbinas eólicas, entretanto com o passar dos anos e o rápido desenvolvimento tecnológico constituiu-se a estruturação com os seguintes parâmetros: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indu-

ção e estrutura não flexível. E referente a suas propriedades externas como altura e capacidade de geração, as turbinas são classificadas como pequenas, médias e grandes (GONTIJO, 2013; MACHADO, 2015).

Em território brasileiro, os lugares considerados com maior potencial eólico localizam-se nas regiões costeiras do Nordeste, na região ao longo do Vale do Rio São Francisco e na região Sul do país. Embora haja muita divergência entre especialistas e instituições na previsão do potencial eólico brasileiro, estima-se por cerca de 143GW de capacidade para instalação, dos quais 9,77GW já aproveitados até o ano de 2015. No Brasil os horizontes quanto ao uso dessa energia são cada vez maiores, ainda que esta se encontra em expansão em âmbito nacional o investimento no ano de 2015 foi em cerca 20 bilhões, o que representou cerca de 7% na matriz elétrica brasileira acarretando a geração de 41 mil empregos. E essa evolução da capacidade instalada tende a aumentar nos próximos anos conforme previsão na figura 1, fundamentado pelas contratações já realizadas em leilões regulados e no mercado livre. (AQUILA, 2015; CASSARO, 2015; ABEEÓLICA, 2016).



**Figura 1.** Evolução da capacidade de energia eólica instalada no Brasil, com previsões futuras. **Fonte:** ABEEÓLICA, 2016.

Contudo, nos últimos anos, países como Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos, entre outros, buscando atender uma melhor qualidade no suprimento energético, engajaram-se no desenvolvimento de tecnologia e expansão do parque industrial, dando incentivos e subsídios ao setor, estimulando o crescimento de mercado e o desenvolvimento tecnológico, alavancando recursos a ponto de fixar a energia eólica no mercado mundial com tecnologia, qualidade e confiabilidade, fazendo desta uma opção imprescindível para o fornecimento de energia limpa em grandes potências. Assim o aproveitamento dos ventos para geração de energia apresenta, como toda tecnologia energética, impactos ambientais desfavoráveis como, por exemplo: impacto visual, poluição sonora, interferência eletromagnética, mudanças no clima, au-

mento do efeito estufa, danos à fauna. Porém, algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas (WANG & PRINN, 2010; SILVA, 2014).

Diferentes estudos têm demonstrado que as turbinas eólicas podem afetar o clima local e o clima regional. Zhou *et al.* (2012) estudou dados de satélite em oito anos em regiões do Texas no centro-oeste, equipados com 2.358 turbinas eólicas e relatou um aumento de temperatura de 0.724 °C na área. O estudo também mostrou que, à noite, o aumento de temperatura foi ainda mais evidente. Wang e Prinn (2010) demonstram que, se 10% da demanda de energia global forem provenientes de energia eólica em 2100, a temperatura global aumentaria em 1 ° C. Os parques eólicos podem também mudar a distribuição global de chuvas e nuvens. No entanto, este efeito de aquecimento causado por turbinas eólicas é ainda muito mais fraco associados as emissão de gases de efeito estufa em escala global.

Roy e Traitteur (2010), demonstraram em seus estudos que os efeitos de resfriamento durante o dia e os efeitos do aquecimento à noite para grandes parques eólicos são os resultados diretos da mistura de ar vertical perto da superfície do solo. Em um ambiente estável, onde uma camada de ar quente se sobrepõe uma camada de ar frio, a mistura vertical pode soprar o ar quente para baixo e o ar frio para cima, levando a uma superfície de chão quente. Por outro lado, em uma atmosfera instável com uma taxa de lapso negativo, a mistura vertical pode empurrar o ar de arrefecimento e o aquecimento do ar, o que resulta em um efeito de arrefecimento perto da superfície do solo. Portanto, os parques eólicos irão alterar o clima regional. Esta mudança de clima regional pode induzir um impacto a longo prazo sobre a vida selvagem e os padrões climáticos regionais.

Em contraste, alguns outros estudos relataram que parques eólicos foram capazes de aliviar climas adversos, mesmo que o efeito sendo muito limitado. Estudos descobriram que os parques eólicos na província de Gansu de China foram eficazes na diminuição da velocidade do vento local e mitigados os riscos de tempestades de areia. Por isso, alguns pesquisadores estão estudando a possibilidade de implementar modificações de tempo intencionais através da construção de parques eólicos gigantes (KEITH *et al.*, 2004).

Embora a energia eólica é geralmente considerada ambientalmente amigável, o desenvolvimento da energia eólica tem sido associado com a morte de aves que colidem com turbinas e outras estruturas que geram vento. Devido à falta de compreensão do nível de utilização aviária em áreas, algumas das primeiras instalações de turbinas de vento nos EUA, causou relativamente alto risco de colisões, pois essas instalações foram localizadas em regiões onde as aves eram abundantes. (SOVA-

COOL, 2013).

Outro fator é a poluição sonora, visto que as turbinas de vento geram dois tipos de ruído: mecânicos e aerodinâmicos. O ruído mecânico é gerado por peças mecânicas e elétricas da turbina, enquanto que o ruído aerodinâmico é gerado pela interação das lâminas com o ar. A emissão de ruído de turbina eólica é uma combinação de ambos. Portanto, existem dois tipos principais de métodos para medir as emissões de ruído de turbina eólica. Um deles, é usar modelos de previsão como modelos semi-empíricos, e a outra é seguir as normas internacionais ou recomendações da Agência Internacional Ambiental, com a ajuda de dispositivos. (KALDELLIS *et al.*, 2012).

Sun *et al.* (2008), relata em seus estudos sobre turbinas eólicas em escala de utilidade, demonstrou que o nível de pressão sonora a 40 m de distância de uma única turbina pode variar de 50 a 60 dBA. Num parque eólico, o nível de ruído a uma certa distância a partir de um grupo de turbinas de vento também está relacionado com o número de turbinas em operação. Por exemplo, o nível de pressão sonora em uma casa localizada a 500 m de distância de uma única turbina eólica normalmente varia de 25 a 35 dBA. À mesma distância, os níveis de ruído gerado por 10 turbinas eólicas de operação podem variar de 35 dBA a 40 dBA.

O desmatamento e a erosão do solo que são outros fatores de extrema preocupação durante a construção de um parque eólico, pois algumas atividades, tais como escavação, fundação e construção de estradas, podem afetar o bio-sistema local. Se as plantas de superfície são removidas, a superfície do solo fica exposta a fortes ventos e chuvas, resultando em erosão do solo. Águas residuais e óleo do canteiro de obras podem infiltrar-se no solo e levar a sérios problemas ambientais. As áreas com recursos eólicos ricos, incluindo pastagens, charnecas e semidesertos, normalmente têm fracos ecossistemas com pouca biodiversidade. As construções com maquinaria pesada podem perturbar o equilíbrio ecológico local, e recuperação do meio ambiente local por um longo tempo. Assim, a construção de turbinas eólicas deve envolver o trabalho humano, tanto quanto possível, a fim de minimizar a perturbação induzida por máquinas pesadas (GONG, 2004).

As fazendas eólicas devem ser instaladas em áreas livres (sem obstáculos naturais) para que sejam comercialmente viáveis, sendo, desta forma, visíveis. A reação provocada por um parque eólico é altamente subjetiva. Muitas pessoas olham a turbina eólica como um símbolo de energia limpa sempre bem-vindo, outras reagem negativamente à nova paisagem. Os efeitos do impacto visual têm sido minimizados, principalmente, com a conscientização da população local sobre a geração eólica. Através de audiências públicas e seminários, passa-se a conhecer melhor toda a tecnologia e, uma vez

conhecendo-se os efeitos positivos da energia eólica, os índices de aceitação melhoram consideravelmente (WANG & PRINN, 2010).

E por fim, outro fator importante são as interferências eletromagnéticas (IEM). As turbinas eólicas podem causar (IEM) por reflexão de sinais das pás de modo que um receptor próximo recebe um sinal direto e um refletido. A interferência ocorre porque o sinal refletido é atrasado devido à diferença entre o comprimento das ondas alterado por causa do movimento das pás. A IEM é a maior em materiais metálicos, que são refletores e mínimos para pás de madeira, que absorvem. A fibra de vidro reforçada com epóxi, que é utilizada na maioria das pás modernas, é parcialmente transparente às ondas eletromagnéticas e, portanto, diminui o efeito da IEM (KATSAPRAKAKIS, 2012).

A interferência em um pequeno número de receptores de televisão doméstica é um problema ocasional que normalmente é sanado com uma gama de medidas sem alto custo, como a utilização de uma série de retransmissores e/ou receptores. Turbinas eólicas e sistemas de telecomunicações coexistem em muitos locais da Europa.

#### 4. CONCLUSÃO

A energia renovável é uma solução para o problema energético global. Além disso, a tem impactos socioeconômicos benéficos, como a diversificação do fornecimento de energia, aumentando as oportunidades de desenvolvimento regional e rural e a criação e oportunidades de emprego. No entanto, a energia renovável pode criar problemas ambientais em um habitat ou em uma comunidade, uma vez que o impacto ambiental das turbinas eólicas é ainda um assunto controverso, mas não deve ser ignorado. Pequenas questões hoje podem causar efeitos desastrosos no futuro, quando a energia eólica se torna uma das principais fontes de energia. Como demonstrado nesse estudo, mais estudos científicos são necessários sobre os impactos ambientais dos parques eólicos no ambiente.

A energia eólica é a fonte de energia que é mais compatível com animais e seres humanos no mundo. Tipos de turbinas, a característica topográfica de um parque eólico, espécies de aves, condições climáticas e muitas outras variáveis afetam a taxa de mortalidade. Ainda que não seja claro como significativamente parques eólicos afetam o ambiente marinho, o cuidado deve ser maior quando as localizações de turbinas eólicas ficam próximas dos principais habitats de animais marinhos locais. Muitos países ainda não possuem normas específicas de proteção a sistemas biológicos contra turbinas eólicas. Portanto, é responsabilidade do desenvolvedor para realizar o estudo de impacto ambiental. Estudos ainda são necessários para compreender plenamente as influências de parques eólicos em sistemas

biológicos locais.

Uma abordagem razoável para reduzir a poluição sonora de turbinas eólicas é seguir limites de ruído adequados e critérios de distância desenvolvidas a partir desses estudos científicos. No entanto, em comparação com as pesquisas rigorosas sobre outras fontes de ruído, como o ruído de transporte, não há dados sólidos e estudos científicos quantitativos sobre ruídos de parques eólicos. Mais pesquisas são necessárias para aumentar os conhecimentos sobre ruídos de parques eólicos através de medições de campo e análises teóricas.

O impacto visual dos parques eólicos na paisagem é uma questão subjetiva. Estudos sociais e melhorias das tecnologias poderiam ser usadas para ajudar a resolver os problemas. Os parques eólicos de grande escala geram problemas para os serviços de clima e de comunicações regionais. Todavia, tecnologias de mitigação e medidas em diferentes escalas devem ser consideradas durante a fase de planejamento de parques eólicos. Portanto, a energia eólica tem um futuro ainda mais promissor com a conscientização pública das suas vantagens como fonte renovável de energia e a progressiva competitividade econômica. As questões ambientais estão cada vez mais difundidas e atitudes em favor ao meio ambiente estão se tornando parte integrante dos processos.

Contudo mesmo apresentando, como toda tecnologia energética apresenta, algumas características ambientais desfavoráveis, conforme visto neste trabalho, o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica deve ser encorajado e algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas. Exploração de energia eólica e projetos de construção de infra-estrutura relacionados devem ser avaliados para as influências econômicas, sociais, ambientais, biológicos e ecológicos. Medidas adequadas devem ser implementadas para mitigar os problemas ambientais provocados pela exploração da construção de infra-estrutura e instalação de parques eólicos. Desenvolvedores, planejadores e funcionários do governo precisa reunir e comunicar as informações completas com o público para garantir que os projetos são desenvolvidos de uma forma que evita, minimiza e mitiga os impactos ambientais.

#### REFERÊNCIAS

- [01] ALNASIR, Z.; KAZERANI, M. An analytical literature review of stand-alone wind energy conversion systems from generator viewpoint. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 28, p.597-615, 2013.
- [02] AMARANTE, Odilon A. C., et al. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: MME, 2001.
- [03] AQUILA, G. Análise do impacto dos programas de incentivos para viabilizar economicamente o uso de fontes

- de energia renovável. [Dissertação]. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2015.
- [04] ABEEÓLICA - ASSOCIAL BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Boletim Anual de Geração Eólica 2015. Disponível em: <[http://www.portalabeeolica.org.br/pdf-encontro/Abeeolica\\_BOLETIM-2015\\_low.pdf](http://www.portalabeeolica.org.br/pdf-encontro/Abeeolica_BOLETIM-2015_low.pdf)>. Acessado em Agosto, 2016.
- [05] CARVALHO, P. Geração Eólica. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003.
- [06] CASSARO, Pablo Martins, et al. Evolução da capacidade instalada proveniente de recursos eólicos: previsto versus realizado. In: X AGRENER, 2015, São Paulo. 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Ambiente, 2015.
- [07] CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 2012.
- [08] GONG, J. The construction of wind turbine generator system. In: Gong J, editor. A technical guideline for wind turbine generator system. Beijing, China: China Machine Press. p. 4-120, 2004.
- [09] GONTIJO, T.S. Potencial de geração de energia eólica no Brasil: análise de municípios na região Sul e Nordeste do Brasil. [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.
- [10] GWEC - GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. Global wind report: annual market update 2013. Brussels, Belgium: Global Wind Energy Council (GWEC); 2014. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/upload>. Acesso em 31 de julho de 2016.
- [11] JOHANSSON, T.B., KELLY., H, REDDY, A.K.N., WILLIAMS, R.H. Renewable fuels and electricity for a growing world economy: defining and achieving the potential. *Energy Stud Rev*, v. 4, n.3, p199-212,1993.
- [12] KALDELLIS, J. K.; GARAKIS, K.; KAPSALI, M. Noise impact assessment on the basis of onsite acoustic noise immission measurements for a representative wind farm. *Renewable Energy*, v. 41, p. 306-314, 2012.
- [13] KATSAPRAKAKIS, Dimitris Al. A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 5, p. 2850-2863, 2012.
- [14] KEITH, D.W *et al.* The influence of large-scale wind power on global climate. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, v. 101, n. 46, p. 16115-16120, 2004.
- [15] MACHADO, C. P *et al.* Energia Eólica no Brasil: aspectos de desenvolvimento. ANAIS DA XI MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CESUCA. n. 9, p. 244-254, 2015.
- [16] ROY, S.B.; TRAITÉUR, Justin J. Impacts of wind farms on surface air temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 42, p. 17899-17904, 2010.
- [17] SILVA, E.G. O desenvolvimento da indústria de energia eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. *Cadernos Adenauer XV*, v. 1, n. 3, p. 57-72, 2014.
- [18] SIMS, R. E. H.; SCHOCK, R. N.; ADEGBULULGBE, A. *et al.* Introduction. *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of working group III to the fourth Assessment report of the Intergovernmental panel on climate change*. United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007.
- [19] SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): Setor de energia e processos industriais / Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). Disponível em: [https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/55ca3a26a856a\\_agropecuaria\\_2015.pdf](https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/55ca3a26a856a_agropecuaria_2015.pdf) Acesso em agosto, 2015.
- [20] SOVACOOOL, Benjamin K. The avian benefits of wind energy: A 2009 update. *Renewable Energy*, v. 49, p. 19-24, 2013.
- [21] SUN, C. S. *et al.* Environmental impact of wind power generation projects. *J. Electr. Power Sci. Technol*, v. 23, p. 19-23, 2008.
- [22] TESTER, Jefferson W. et al. *Sustainable energy: choosing among options*. MIT press, 2012.
- [23] WANG, C.; PRINN, Ronald G. Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 10, n. 4, p. 2053-2061, 2010.
- [24] ZHANG, Ling *et al.* Modelling policy decision of sustainable energy strategies for Nanjing city: A fuzzy integral approach. *Renewable Energy*, v. 62, p.197-203, 2014.
- [25] ZHOU, Liming *et al.* Impacts of wind farms on land surface temperature. *Nature Climate Change*, v. 2, n. 7, p. 539-543, 2012.