

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ANÁLISE AMBIENTAL**

**RODRIGO NOETZOLD**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DIRETOS CONSTATADOS NA OPERAÇÃO DE USINAS  
EÓLICAS**

Artigo apresentado ao Curso de Especialização em Análise Ambiental do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de especialista.

Orientadora: Professora, M.Sc. Sandra Mara Pereira Queiroz.

**CURITIBA  
2013**

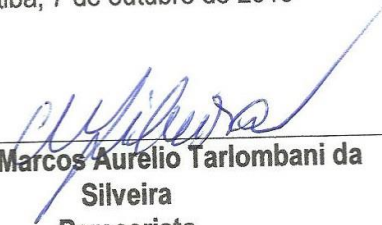


**PARECER**

O artigo científico intitulado “**IMPACTOS AMBIENTAIS DIRETOS CONSTATADOS NA OPERAÇÃO DE USINAS EÓLICAS**”, de autoria de **Rodrigo Noetzold**, discente do curso de Especialização em Análise Ambiental, o qual é ofertado pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná, sob orientação do (a) Professor (a) **Sandra Mara Pereira Queiróz**, foi submetido apreciação no corrente ano.

Após recomendações para realização de modificações, as quais foram integralmente implementadas pelo (a) autor (a) do documento, o relatório foi **APROVADO**.

Curitiba, 7 de outubro de 2013

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Marcos Aurélio Tarlombani da  
Silveira  
Parecerista**

Rodrigo Noetzold<sup>1</sup>  
Orientadora: Sandra Mara Pereira Queiroz<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo apresenta um panorama da energia eólica no Brasil e no mundo, mostrando sua importância e expansão ocorrida nos últimos anos, assim como suas vantagens e desvantagens sobre as demais fontes energéticas. Descreve-se os impactos ambientais decorrentes da operação destas usinas e como estes impactos podem ser mitigados, ou até mesmo neutralizados, através da realização de um planejamento adequado. Os impactos descritos são: perturbação sonora, alteração da paisagem e interferências sobre a fauna.

**Palavra-chave:** Impacto Ambiental, Usina Eólica, Energia Eólica.

## ABSTRACT

The following article presents a perspective of wind energy in Brazil and in the world, showing its value and expansion in the last few years, as well as its advantages and disadvantages over other types of energy sources. The environmental impact derived from the operation of these plants and how these impacts may be mitigated, or even neutralized, through the realizing of a suitable planning, are going to be described. The impacts described are: noise disturbance, landscape changes and interference over the wildlife.

**Keywords:** Environmental Impact, Wind Farm, Wind Energy.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana e, mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive, atendendo as suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, escassez ou inconveniência de um dado recurso tende a ser compensada pelo surgimento de

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Especialização em Análise Ambiental, Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de Passo Fundo.

<sup>2</sup> Professora do Curso de Especialização em Análise Ambiental do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná.

outros. Em termos de suprimento energético, a eletricidade passou a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de uma nação (ANEEL, 2008).

O grande desafio está em satisfazer a crescente demanda de energia elétrica no mundo, sem agredir o meio ambiente. A solução encontrada está no uso de fontes de energia alternativas, originada para diminuir os impactos ambientais negativos. Dentre elas, destaca-se a energia eólica, que além de atender aos requisitos anteriores, é considerada uma fonte energética renovável e inesgotável (ZAMPERIN, 2011).

A energia eólica é utilizada há milhares de anos para finalidades diversas, como o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), e posteriormente com o aumento da discussão a respeito do aquecimento global, é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (GWEC, 2013; DUTRA, 2004).

Desde a década de 80, quando as primeiras turbinas eólicas comerciais foram desenvolvidas, observa-se que esta tecnologia sofreu grandes mudanças e aperfeiçoamentos quanto a sua eficiência e design. Atualmente o modelo de turbina mais usado no mundo é o de eixo horizontal com três pás, que tem seu funcionamento baseado no princípio da aerodinâmica das turbinas de avião (GWEC, 2013; DUTRA, 2004).

A energia eólica é gerada por meio de aerogeradores, nas quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. A quantidade de energia produzida está diretamente relacionada à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás (hélices) e à velocidade do vento (ANEEL, 2008).

Segundo ANEEL (2008), assim como ocorre com outras fontes, como a hidráulica, a obtenção da energia eólica também pressupõe a existência de condições naturais específicas e favoráveis. A avaliação destas condições – ou do potencial eólico de determinada região – requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime dos ventos.

Não existem estudos precisos a este respeito, mas estimativas apontam que o potencial eólico bruto no planeta seja da ordem de 500 mil TWh (terawatts-hora) por ano, embora, por restrições socioambientais, apenas 10% sejam tecnicamente aproveitáveis. Ainda assim, 50 mil TWh por ano correspondem a mais de 250% da produção mundial total de energia elétrica em 2007, que foi de 18,9 mil TWh (ANEEL, 2008).

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além deste fato, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a poupar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Sua operação permitiria, portanto, a “estocagem” da energia elétrica. Estimativas constantes do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, apontam para um potencial de geração de energia eólica de 143 GW no Brasil (AMARANTE et al., 2001). Esse volume é superior à potência instalada total no País, de 105 GW em novembro de 2008 (ANEEL, 2008).

As regiões com maior potencial são o nordeste, principalmente no litoral (75 GW); sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e sul (22,8 GW) (ANEEL, 2008). Na FIGURA 1 pode se observar um exemplo de usina eólica.



FIGURA 1 – USINA EÓLICA DE PALMAS/PR.

FONTE: COPEL, 2007.

A primeira turbina de energia eólica do Brasil foi instalada em Fernando de Noronha em 1992, possuía gerador com potência de 75 kW, rotor de 17 metros de diâmetro e torre de 23 metros de altura (ANEEL, 2008).

De acordo com documento Renova Energia (2012), atualmente, o complexo eólico Alto Sertão I é considerado o maior empreendimento desta área no Brasil e na América Latina, está localizado no interior da Bahia, próximo a Chapada Diamantina. O complexo, inaugurado em 2012, é constituído por quatorze parques eólicos, com um total de 184 aerogeradores, que somam 294,4 MW de capacidade instalada. Suas torres possuem 80 metros de altura e rotores de 82,5 metros de diâmetro.

As turbinas eólicas vêm evoluindo rapidamente ao longo das últimas décadas, não apenas em tamanho, mas também em aerodinâmica, nos materiais utilizados em sua construção e nas técnicas de fabricação. Exemplificando este fato, comenta-se que há 30 anos, uma turbina eólica típica tinha um rotor de 10 metros (cada pá media 5 metros de comprimento) e eram capazes de gerar 30 kW. A maior turbina do mundo atualmente tem um rotor de 154 metros (cada pá com 75 metros de comprimento) e deverá produzir 6 MW, uma capacidade 200 vezes maior.

A maior usina eólica do mundo está localizada na Inglaterra, a London Array tem 175 turbinas instaladas em alto-mar, possui capacidade de geração de 630 MW e gera energia suficiente para suprir 500 mil casas britânicas (LONDON ARRAY, 2013).

### **1.1. Panorama mundial atual**

Atualmente a energia eólica vem tendo grande destaque no mercado mundial. Com potências cada vez maiores e novas tecnologias aplicadas no desempenho e na confiabilidade do sistema, as usinas eólicas têm conquistado importantes espaços na matriz energética mundial (DUTRA, 2004; NASCIMENTO, 2003).

A potência eólica instalada acumulada no mundo alcançou no final do ano de 2012 o total de 282,6 GW, sendo que em somente no ano de 2012 foram instalados 44,8 GW. Isto representa um crescimento de 16% em relação ao ano de 2011 (GWEC, 2013). A título de comparação, no ano de 1990, a capacidade instalada a nível mundial era inferior a 2 GW.

A expansão da capacidade de produção de energia eólica é representada no GRÁFICO 1.

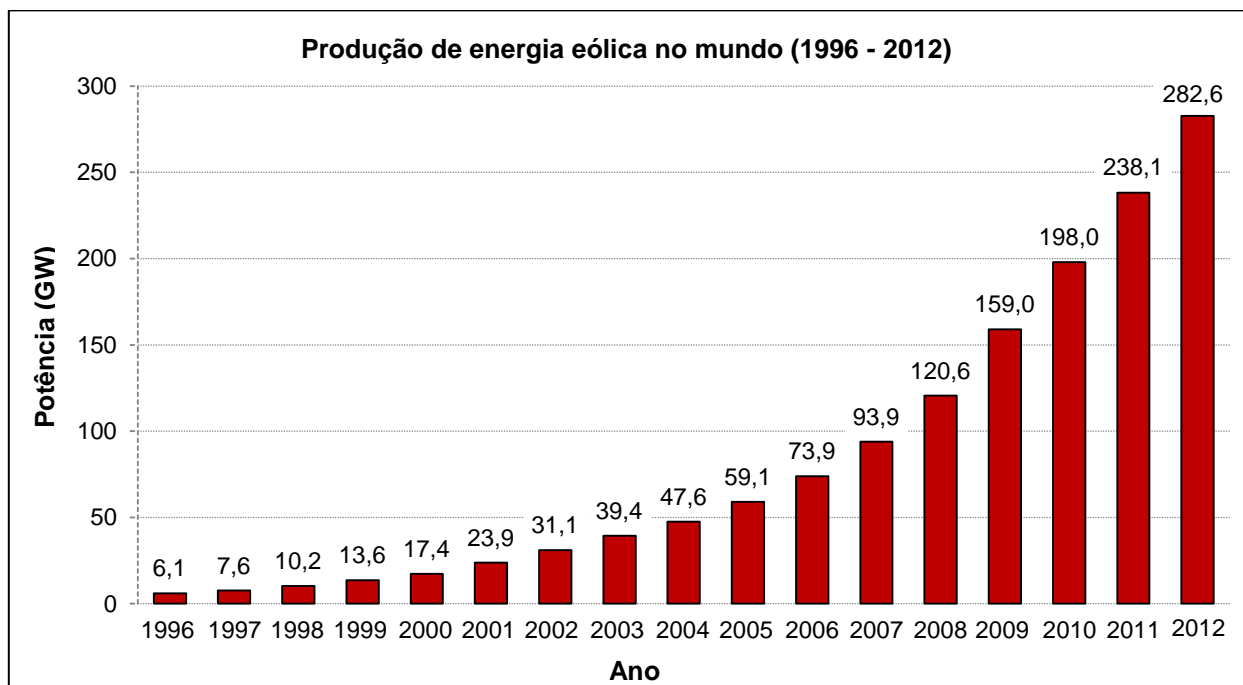


GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO MUNDO ENTRE OS ANOS DE 1996 E 2012 EM GW.

FONTE: GWEC, 2013.

Vários países da Europa, Estados Unidos, Índia e China têm investido amplamente na instalação de um número cada vez maior de parques eólicos para o fornecimento de energia elétrica.

Nos últimos 3 anos a China vem liderando o mercado mundial, ultrapassando a Alemanha e os EUA, se tornando o maior mercado de energia eólica do mundo. A China em 2012 aumentou sua capacidade instalada de energia eólica em quase 20%, saindo dos 62,3 GW no ano anterior para 75,3 GW, um aumento de 12,9 GW. A Índia, por sua vez, aumentou no mesmo período sua capacidade em 2,3 GW, finalizando o ano com 18,4 GW de capacidade instalada. Países como Japão, Coreia do Sul e Taiwan também aumentaram o número de usinas nos últimos anos. A Ásia é o segundo maior mercado eólico do mundo, uma capacidade total de 97,6 GW, no último ano foram adicionados 15,5 GW em sua matriz energética (GWEC, 2013).

O continente Europeu é responsável por mais de um terço da produção eólica mundial, com um incremento de 12,7 GW em 2012, totalizando 109,6 GW de potência instalada. A Alemanha e a Espanha são os líderes em energia eólica no continente, 31,3 GW e 22,8 GW respectivamente. Países como Reino Unido, Itália e França, vêm na sequência com uma expressiva produção (GWEC, 2013).

Na América do Norte, o Canadá em 2012 teve aumento de 935 MW em sua capacidade instalada de energia eólica, chegando a um total de 6,2 GW. Nos EUA, uma série de incentivos econômicos garantiu a instalação de 13,1 GW, levando a um total de mais de 60 GW de capacidade instalada pelo país, mantendo assim a vice-liderança mundial do país nesse setor (GWEC, 2013).

Apesar do número de usinas eólicas na América do Sul e Caribe não ser elevado, se comparado com os países líderes no mercado eólico, esta região aumentou sua capacidade em 2012 em 1.225 MW, chegando aos 3.505 MW. O Brasil continua sendo o líder em energia eólica, com 71% de participação na região e o 15º em nível de produção mundial (GWEC, 2013; ABEEÓLICA, 2013a).

Na África e no Oriente Médio, os países que mais se destacam na produção de energia eólica são o Egito com 550 MW de capacidade instalada e o Marrocos, com 291 MW. No total nesta região instalou 102 MW no ano de 2012, totalizando 1.135 MW (GWEC, 2013). Além disso, novos mercados como África do Sul, Quênia, Namíbia e Tunísia estão em expansão com alguns grandes projetos previstos para os próximos anos (WWEA, 2011).

Na Oceania destaca-se apenas a Austrália, que teve seu mercado eólico estagnado durante alguns anos, adicionou 358 MW no ano de 2012, chegando a 2.584 MW de capacidade instalada. A Nova Zelândia possui 623 MW de potência (GWEC, 2013).

Na TABELA 1 estão expressos os dados da produção de energia eólica no mundo ao final de 2012.

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO MUNDO AO FINAL DO ANO DE 2012.

Posição	País	Potência instalada (MW)	Participação (%)
1	China	75.324	26,7
2	EUA	60.007	21,2
3	Alemanha	31.308	11,1
4	Espanha	22.796	8,1
5	Índia	18.421	6,5
6	Reino Unido	8.445	3,0
7	Itália	8.144	2,9
8	França	7.564	2,7
9	Canadá	6.200	2,2
10	Portugal	4.525	1,6
	Resto do mundo	39.853	14,1
	Total	282.587	100,0

FONTE: GWEC, 2013.

## 1.2. Dados do Brasil

Em 2012 o Brasil terminou com 2.507,8 MW de potência eólica instalada distribuída em 108 parques eólicos, representando um crescimento de aproximadamente 73% de potência e um acréscimo de 38 parques em relação a Dezembro de 2011, quando a eólica possuía 70 parques e 1.450 MW (ABEEÓLICA, 2013a).

Segundo os últimos dados divulgados pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), ao final do mês de junho de 2013, o Brasil atualmente possui uma capacidade eólica instalada de 2.753,2 MW, distribuída em 117 parques eólicos. A participação dessa fonte de energia corresponde a 2% na matriz elétrica brasileira (ABEEÓLICA, 2013b).

Em 2013, 9 novas usinas eólicas entraram em funcionamento. Acréscimo de 245,4 MW em relação a potência instalada existente em 2012 (ABEEÓLICA, 2013b).

Os parques eólicos já em operação estão localizados principalmente nas regiões costeiras dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Aproximadamente 74% da capacidade eólica instalada está concentrada na região nordeste, 25% localizados na região sul e 1% na região sudeste do País (ABEEÓLICA, 2013b).

Os novos parques eólicos contratados nos leilões do Governo Federal em 2009, 2010 e 2011 totalizam mais de 6.000 MW de capacidade a ser instalada dividida entre

229 projetos cujo início da operação comercial está prevista até 2017. A nova capacidade adicionada à capacidade já em operação elevará a capacidade instalada de energia eólica total do País para cerca de 8.840 MW até o fim de 2017 (ABEEÓLICA, 2013b). De acordo com os prognósticos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2011), nos próximos dez anos outros 4.100 MW serão conectados à matriz energética brasileira, de modo que o País estenda sua capacidade atual de cerca de 2.753,2 MW para mais de 11.500 MW ao final de 2020, uma expansão equivalente a 4 vezes da capacidade atual.

Na TABELA 2 está representada a capacidade eólica por estado do Brasil.

TABELA 2 – CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA, EM CONSTRUÇÃO E CONTRATADA POR ESTADO.

Estado	Instalados		Em Construção		Contratados		Total previsto para 2017	
	Nº de Parques	Potencia (MW)	Nº de Parques	Potencia (MW)	Nº de Parques	Potencia (MW)	Nº de Parques	Potencia (MW)
PR	1	2,5	-	-	-	-	1	2,5
RJ	1	28,1	-	-	-	-	1	28,1
SE	1	34,5	-	-	-	-	1	34,5
PB	13	69,0	-	-	-	-	13	69,0
PE	5	24,8	3	78	-	-	8	102,8
PI	1	18,0	4	105,6	-	-	5	123,6
SC	13	236,4	-	-	-	-	13	236,4
MA	-	-	-	-	9	259,2	9	259,2
RS	15	460,0	26	622,8	14	344,0	55	1426,8
BA	23	564,0	23	736,6	14	351,0	60	1651,6
CE	19	588,8	24	612,9	31	750,9	74	1952,6
RN	25	727,1	44	1212,1	37	1014,0	106	2953,3
Total	117	2753,2	124	3368	105	2719,1	346	8840,4

FONTE: ABEEÓLICA, 2013b.

Assim como a capacidade instalada já em operação, os estados do nordeste do Brasil concentram a maioria dos parques eólicos atualmente em fase de construção e planejamento. Cerca de 84% dessa capacidade está localizada na região nordeste. A região sul abriga os 16% restantes.

Segundo Barbosa (2008), há perspectiva de que o Brasil se torne um grande produtor de energia eólica mundialmente, principalmente por ter ventos geralmente estáveis e abundantes e um litoral vasto territorialmente.

### 1.3. Meio ambiente e energia eólica

A produção e utilização de energia tem mais impacto sobre o meio ambiente que qualquer outra atividade humana. Poluição da água e ar, vazamentos de óleo, resíduos radioativos, são apenas alguns dos muitos impactos negativos sobre o meio ambiente devido ao uso de combustíveis fósseis e energia nuclear. A energia proveniente de fonte eólica evita muitos desses problemas.

A energia provinda do vento apresenta também como vantagens associadas à sua utilização, menores custos operacionais e de manutenção, quando comparada com as fontes convencionais de conversão de energia elétrica (ANEEL, 2002), e ainda menor impacto ambiental, pois não exige a queima de combustíveis, nem a formação de grandes reservatórios de água (ZAMPERIN, 2011).

Dentre as opções de novas tecnologias, a energia eólica vem tendo grande destaque no mundo, porém como todas as fontes de geração elétrica atuais, ela apresenta vantagens e desvantagens ao meio ambiente. Como benefícios se podem citar, a não utilização de água como elemento motriz, nem como fluido refrigerante, a não produção de resíduo radioativo e a não emissão de poluição atmosférica nem gases de efeito estufa durante sua operação. Além disso, pode-se também utilizar a área do parque eólico como pastagens e para atividades agrícolas. Por outro lado, as características ambientais desfavoráveis são, por exemplo: impacto visual, ruído, danos à fauna. Entretanto, algumas destas características podem ser significativamente minimizadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas (SALINO, 2011).

O maior benefício ambiental que pode ser ligado à geração eólica é a não emissão de gases de efeito estufa, sendo os principais gases o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Tais emissões são mais expressivas para as usinas que utilizam combustíveis fósseis como o carvão, óleo combustível, óleo diesel e gás natural, que liberam na atmosfera carbono que, até o momento da queima, encontrava-se estocado na crosta terrestre, não participando do ciclo superficial do carbono (SALINO, 2011; NASCIMENTO, 2003).

Assim como a maioria das outras fontes renováveis, a energia eólica também não emite outros gases poluentes como os  $\text{SO}_x$  (óxido de enxofre),  $\text{NO}_x$  (óxido de nitrogênio) e material particulado, que são liberados principalmente na combustão de

combustíveis fósseis para a geração de energia, e podem prejudicar a saúde humana, corroer estruturas, danificar a vegetação, ter efeito prejudicial sobre a produção agrícola e florestal e causar odores desagradáveis (SALINO, 2011).

A grande vantagem da energia eólica sobre a principal fonte da matriz energética do Brasil na atualidade, provinda das hidrelétricas, encontra-se no fato de não causar danos ao meio ambiente devido aos alagamentos criados para o represamento de água. Ressalta-se também a não produção de resíduos que possam causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Assim contribuindo para a diversificação da matriz energética nacional e a diminuição da dependência do País por combustíveis de origem fósseis.

## **2. METODOLOGIA**

O presente trabalho foi realizado através de levantamentos de dados bibliográficos nas bases de dados de diversas revistas científicas, livros, teses, monografias, publicações avulsas, bem como sites especializados. Além disso, foram consultados e incorporados ao trabalho estudos ambientais, como Relatório Ambiental Simplificado (RAS), Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), de usinas eólicas brasileiras em processo de implantação ou em operação, obtidos de órgãos ambientais de licenciamento.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica referente aos impactos ambientais causados pela operação de usinas eólicas sobre o meio ambiente e suas respectivas medidas mitigatórias utilizadas para minimizar tais impactos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica proporciona diversos benefícios, cita-se a não necessidade do uso da água como elemento motriz ou como fluido de refrigeração, e principalmente, pelo fato de não produzir resíduos radioativos ou gasosos durante sua operação. Por outro lado, o emprego deste tipo de geração de energia, como toda tecnologia energética, apresenta algumas características ambientais desfavoráveis como, por exemplo: ruído, alteração da paisagem e danos à fauna. Entretanto, essas características negativas podem ser

significativamente minimizadas ou até mesmo eliminadas, através de planejamento adequado e também com o uso de inovações tecnológicas.

### **3.1 Alteração do ambiente sonoro**

Na fase de operação o ruído é proveniente das turbinas eólicas, sendo que há duas origens: mecânica e aerodinâmica. O ruído mecânico tem sua principal origem da caixa de engrenagens, que multiplica a rotação das pás para o gerador. O ruído aerodinâmico é produzido pelo fluxo de ar sobre as pás da turbina, é influenciado diretamente pela velocidade do vento incidente, ou seja, quanto maior a velocidade do vento, maior o ruído produzido.

Segundo Tolmasquim (2004), nos últimos anos com o emprego de novas tecnologias, já é possível a construção de turbinas eólicas com níveis de ruído consideravelmente menores. O ruído de origem aerodinâmica por sua vez relaciona-se com a velocidade do vento sobre a turbina eólica, e a sua redução está ligada ao design das pás e da própria torre.

Desta maneira, diversas medidas e adaptações podem ser adotadas para reduzir os sons emitidos pelas turbinas, incluindo acabamentos especiais para as engrenagens utilizando resfriadores de baixa velocidade, adicionando abafadores e isolantes acústicos, amortecedores de vibração e componentes e peças produzidas com materiais especiais mais macios.

### **3.2 Alteração da paisagem**

A alteração na paisagem incide no aspecto visual decorrente da implantação das vias de acesso, das edificações, linhas de transmissão e, principalmente, das torres com seus aerogeradores que destacam-se na paisagem, refletindo adversamente sobre os atrativos naturais da região e descaracterizando a ambiência local.

Os impactos visuais decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores são consideráveis devido às suas grandes dimensões, as maiores atingem cerca de 80 metros de altura.

Para instalação de parques eólicos, é necessária a ocupação de grandes terrenos e paisagens, pois as turbinas devem estar suficientemente distanciadas entre

si, para evitar a perturbação causada pelo escoamento do vento por uma unidade prejudique outras unidades. Por isso este espaçamento deve ser no mínimo de 5 a 10 vezes a altura da torre.

O impacto visual é de difícil quantificação, pois é de natureza subjetiva, apesar disso diversos métodos vêm sendo estudados para avaliar de forma mais clara este impacto. Atualmente, as técnicas mais comuns são as fotomontagens, a utilização de ferramentas de georeferenciamento e análises por modelos de mapas, chamados de Zonas de Visibilidade Teórica ou Zonas de Influência Visual, que diferem zonas visuais de impactos conforme descrito abaixo, segundo European Wind Energy Association (EWEA, 2011):

- Zona I – Visualmente dominante: As turbinas são percebidas como de grande porte e o movimento das pás é óbvio. A paisagem imediata é alterada até uma distância geralmente de 2 km, dependendo das condições atmosféricas;
- Zona II – Visualmente intrusiva: As turbinas são elementos importantes, porém não necessariamente dominantes na paisagem, mas ainda são claramente percebidas, o movimento das pás é claramente visível podendo atrair a atenção. Esta zona compreende uma distância geralmente de 1 km a 4,5 km, dependendo das condições atmosféricas;
- Zona III – Perceptível: As turbinas são claramente visíveis, mas não intrusivas, sendo que a usina eólica é notada como um elemento na paisagem. Os movimentos das pás são perceptíveis em boas condições de visibilidade, mas as turbinas parecem pequenas no panorama geral. Distância geralmente de 2 km a 8 km, dependendo das condições atmosféricas;
- Zona IV – Elemento na paisagem distante: O tamanho aparente das turbinas é muito pequeno, sendo elas percebidas como qualquer outro elemento na paisagem e o movimento de pás geralmente não chama a atenção. Distância geralmente acima de 7 km, dependendo das condições atmosféricas.

Outro autor, Wizelius (2007) diz que o impacto visual é marcante sobre a paisagem numa distância de até dez vezes a altura da torre do aerogerador, isto é, no raio de 500 metros para um aerogerador com uma torre de 50 metros de altura. Menciona ainda que os aerogeradores, em geral, podem ser vistos a uma distância de

até 400 vezes a altura de sua torre, ou seja, até 20 km de distância para um aerogerador com torre de 50 metros. Entretanto, na distância de 5 km aproximadamente o aerogerador, de certa forma, já se mistura à paisagem.

Para minimizar os efeitos deste impacto tem-se trabalhado, principalmente, com a conscientização da população local sobre a geração eólica, onde através de audiências públicas, seminários e apresentações, as pessoas passam a conhecer melhor a tecnologia e seus benefícios, podendo fazer com que os índices de aceitação melhoram consideravelmente.

Algumas outras ações podem ser tomadas, como: planejar a localização, considerando as características e peculiaridades da paisagem no momento de selecionar o local de instalação; minimizar a presença de estruturas auxiliares; evitar encostas íngremes, implantar medidas de combate a erosão e replantar a área com espécies nativas; manter o desenho das turbinas uniforme, com a mesma direção de rotação, tipo de turbina, torre e altura; utilizar pintura com cor uniforme, que se ajuste a cor do céu e da paisagem; e para evitar demasiados reflexos utilizar tintas foscas.

### **3.3 Afugentamento da fauna**

Durante a fase de implantação do empreendimento, as atividades realizadas acarretarão no afugentamento da fauna de uma maneira geral, especialmente nas proximidades dos locais de intervenção, decorrentes do barulho e da movimentação de pessoas e veículos. Para a fase de operação, o impacto será provocado pela presença das estruturas implantadas e pelo ruído provocado por seu funcionamento.

É esperado que tais impactos façam com que as espécies se desloquem para outras áreas, nas adjacências, ocorrendo uma possível redução do número de indivíduos no local.

A iluminação noturna pode vir a ser um problema para a mastofauna, pois a maioria dos mamíferos apresenta hábito noturno e a presença de luz artificial pode proporcionar o afugentamento de espécies. O mesmo acontece para a anurofauna, pois a maioria das espécies apresenta hábito noturno e a presença de luz e de barulho pode proporcionar o afugentamento de algumas espécies ou afetar o seu comportamento reprodutivo.

Apesar de algumas espécies não serem afetadas pelas estruturas do parque, outras mais sensíveis são afetadas, não tolerando tal interferência em seu habitat, necessitando manter uma distância dos parques eólicos, sendo desta maneira, obrigadas a se deslocarem de seus habitats originais. Para reduzir este risco ou mitigar o dano potencial, a avaliação das características específicas do local deve ser estudada de modo criterioso na seleção do local de implantação.

Pode-se recomendar ainda o desenvolvimento de um programa de monitoramento e manejo da fauna, realizar o controle e monitoramento de ruídos e instalar o mínimo possível de iluminação noturna.

### **3.4 Acidentes com avifauna e morcegos**

Na fase de operação, as aves e os morcegos, constituem as espécies mais afetadas, principalmente pela colisão com os aerogeradores.

A mortalidade de aves pela colisão com aerogeradores é usualmente considerada de baixo impacto à avifauna como um todo, mas pode ter importância maior para uma população em particular dependendo do contexto geográfico onde se insere o empreendimento. Além da colisão com os aerogeradores, os animais podem também colidir com outras estruturas, como torres e cabos transmissores. Há, no entanto, situações particulares onde esta mortalidade pode ser significativa, como é o caso de impactos em espécies com vida longa e baixa capacidade reprodutiva, assim como táxons raros e/ou de interesse conservacionista (AMBIENS, 2012; SOVERNIGO, 2009).

Entre os morcegos não é diferente, ainda que se trate de um impacto eminente, não está claro qual o tamanho deste impacto. No entanto, a colisão com as pás dos aerogeradores pode afetar a população de morcegos (AMBIENS, 2012; AMBITEC, 2013).

A maioria dos morcegos que colidem com aerogeradores são migratórios e habitam árvores, podem colidir por confundir um aerogerador com uma árvore ou podem ser sugados ao investigarem a estrutura ao procurar um local para reprodução. Morcegos insetívoros possuem potencialidade de colisão por serem atraídos por insetos que normalmente executam voos em maiores alturas e aqueles atraídos pelas luzes dos aerogeradores, potencializado as chances de colisão. Ou ainda, por serem

espécies formadoras de colônias, o que aumenta a concentração de indivíduos por unidade de área, em determinados pontos, potencializando também as chances de colisão (AMBIENS, 2012).

O ruído provocado pelo movimento dos aerogeradores pode interferir ou até mesmo inutilizar o sentido de ecolocalização dos morcegos, aumentando o risco de acidentes (AMBITEC, 2013).

Os resultados de diversos estudos sobre a fatalidade em aves e morcegos nos Estados Unidos mostra uma variação grande entre os locais. Para as aves, estimou-se desde 0,63 aves mortas por turbina a cada ano em Vansycle, no estado do Oregon (ERICKSON et al., 2000 apud BARCLAY et al., 2007), até 9,33 em Buffalo Mountain - Tennessee (FIEDLER, 2004 apud BARCLAY et al., 2007). Enquanto isso, em morcegos, a variação foi de 0,01 morcegos mortos por turbina a cada ano em Altamont - Califórnia (SMALLWOOD; THELANDER, 2005 apud BARCLAY et al., 2007), até 42,7 em Mountaineer, West Virginia (KERNS et al., 2005 apud BARCLAY et al., 2007).

Aerogeradores de grande dimensão são mais vantajosos, não só pela redução do número de aerogeradores necessários, mas também devido ao fato da velocidade de rotação das pás ser menor, minimizando assim o risco de colisões.

O uso do solo durante a operação da usina deve evitar atividades que possam atrair para seu interior espécies destes grupos. Atividades agrícolas deveriam ser evitadas dentro da área de influência direta, pois potencializam um aumento na circulação e no impacto advindo do choque de aves e morcegos com as torres.

Podem ser tomadas algumas atitudes para que se diminua a chance de colisão, como: planejar cuidadosamente a localização da usina para se manterem distantes das rotas das aves, distanciamento considerável de remanescentes de vegetação e banhados; pintar as pontas das hélices de vermelho a fim de que as aves avistem melhor os aerogeradores; evitar a presença de orifícios e entradas nos aerogeradores que possibilitem o ingresso de aves e quirópteros no seu interior o que potencializa as colisões; evitar a instalação de luzes nas torres dos aerogeradores e adjacências, de modo a evitar que se tornem atrativo para insetos, que por sua vez atrairão morcegos; não permitir atividades agrícolas que atraiam a avifauna para dentro do perímetro do parque eólico; nas linhas de transmissão deverão ser instalados sinalizadores e

isolantes nos cabos e fios em toda a extensão direta e intercalada na proximidade de remanescente florestais, áreas úmidas e locais de circulação da avifauna previamente identificados pelo monitoramento prévio; desenvolver um programa de monitoramento e manejo da fauna; além de estabelecer um protocolo de registro das colisões no complexo eólico.

### **3.5 Interferência no deslocamento de aves**

A construção de complexos eólicos altera a paisagem devido à instalação dos aerogeradores, grandes estruturas visíveis a grandes distâncias. Esses equipamentos podem ser identificados como obstáculos pelas aves, com grande capacidade de aprendizado, e levar à mudança de suas rotas de voo, evitando transpassar essas áreas. Consistem, assim, em efetivas barreiras ao deslocamento da avifauna, potencialmente interferindo em seus hábitos reprodutivos e potencializando os efeitos da perda de habitat.

Estas barreiras, por sua vez, têm efeitos biológicos potencialmente importantes, como a quebra da conectividade entre habitats não afetados de outra forma pelas turbinas. Tais implicações variam com algumas características das espécies afetadas, como seu deslocamento diário e sazonal, e altura de voo; condições meteorológicas, como força e direção dos ventos, entre outros. Não há informações que atestem que estes impactos sejam significativos, mas são presumivelmente mais relevantes em grandes complexos eólicos, onde a avifauna seja levada a alterar profundamente suas rotas de deslocamento.

Estudos já mostraram que fora das rotas de migração raramente os pássaros são incomodados pelas turbinas e que eles tendem a mudar sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras (TOLMASQUIM, 2004).

A mitigação de tal impacto pode ser através do desenvolvido um aprofundado estudo para determinar as rotas migratórias da região do empreendimento, bem como um programa de monitoramento durante seu funcionamento.

## 5. CONCLUSÃO

A energia eólica é uma fonte alternativa de energia que vem crescendo em utilização, em pesquisa e desenvolvimento no mundo todo. Os países mais desenvolvidos, atualmente, são os que mais investem e utilizam esse recurso. O Brasil está na fase inicial de exploração deste recurso, mas demonstra um grande potencial de produção eólica.

São necessários estudos bastante criteriosos e aprofundados para a implantação de um parque eólico, como foi comentado durante o artigo, este tipo de geração de energia é considerada uma fonte limpa e seus impactos negativos ao meio ambiente são na grande maioria minimizáveis com a implementação de um bom planejamento.

No Brasil há necessidade de se realizar muitas pesquisas para que se conheça o real impacto provocado por esta atividade, devido a inexistência de estudos aprofundados e de longa duração. Fato que pode ser atribuído a relativa recente entrada do Brasil no mercado eólico, somente assim será possível determinar a real magnitude dos impactos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico – Público**. n. 1, 2013a. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/Boletim-Dados-ABEolica-janeiro-2013-Publico.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico – Público**. n. 6, 2013b. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-Dados-ABEolica-Junho-2013.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

AMARANTE, O. A. C. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Ministério das Minas e Energia, 2001. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 22 junh. 2013.

AMBIENS. **Relatório de impacto ambiental - Complexo eólico Nova Laguna**. Florianópolis: Ambiens, 2012. 55 p.

AMBITEC. **Estudo de impacto ambiental - Complexo Eólico Jaguaruna**. Caxias do Sul: Ambitec, 2013. 382 p.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. ed. 3, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BARBOSA, A. C. L. **Avaliação ambiental do uso de energia eólica para usuários de pequeno porte**. 2008. 116 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Administração) - Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BARCLAY, R. M.; BAERWALD, E. F.; GRUVER, J. C. **Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height**. Canadian Journal of Zoology, v. 85, p. 381-387, 2007. Disponível em: [http://www.altamontsrc.org/alt\\_doc/barclay\\_et\\_al\\_2007\\_bat\\_and\\_bird\\_mortality\\_variation.pdf](http://www.altamontsrc.org/alt_doc/barclay_et_al_2007_bat_and_bird_mortality_variation.pdf). Acesso em: 30 jul. 2013.

COPEL. **Atlas do potencial eólico do estado do Paraná**. Camargo e Schubert, Curitiba. 2007. p.53.

DUTRA, R. M. Capítulo 3: Energia Eólica. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004. p.179-266.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Brasília, v. 2, 2011, p.319.

EWEA - The European Wind Energy Association. **Wind in power: 2010 European statistics**. 2011. Disponível em: <[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/statistics/EWEA\\_Annual\\_Statistics\\_2010.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2010.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

GWEC - GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report: Annual market update 2012**. 2013. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual\\_report\\_2012\\_LowRes.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf)>. Acesso em: 07 jul. 2013.

LONDON ARRAY. 2013. Disponível em: <<http://www.londonarray.com/>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

NASCIMENTO, M. V. G. et al. Capítulo 4: Energia Eólica. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p.207-237.

RENOVA ENERGIA. **Release de Resultado 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www.b2i.cc/Document/1698/138147.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

SALINO, P. J. **Energia eólica no Brasil: Uma comparação do PROINFA e dos novos leilões**. 2011. 120 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOVERNIGO, M. H. **Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropteroфаuna no Brasil.** 2009. 61 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Ciências Biológicas) - Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

TOLMASQUIM, M. T. **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil.** 2004. Editora Relume Dumará. Rio de Janeiro.

WIZELIUS, T. 2007. **Developing Wind Power Projects.** Londres: Earthscan, 290 p.

WWEA - World Wind Energy Association. **World Wind Energy Report 2010.** 2011. 23 p.

ZAMPERIN, J. L. B. **Método analítico para análise da estabilidade do gerador assíncrono através do monitoramento da tensão.** 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.