

FACULDADE LABORO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO

ELIONILCE CHAVES MAIA DA CRUZ

A ENERGIA EÓLICA E SEUS EFEITOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

São Luís

2016

ELIONILCE CHAVES MAIA DA CRUZ

A ENERGIA EÓLICA E SEUS EFEITOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Faculdade Laboro, para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientadora: Profa. Ms. Ludmilla Barros Leite Rodrigues

São Luís

2016

Cruz, Elionilce Chaves Maia da

A energia eólica e seus efeitos e impactos ambientais / Elionilce Chaves Maia da Cruz -. São Luís, 2016.

Impresso por computador (fotocópia)

37 f.

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização Engenharia de Segurança do Trabalho da Faculdade LABORO como requisito para obtenção de Título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. -. 2016.

Orientadora: Profa. Ms. Ludmilla Barros Leite Rodrigues

1. Energia Eólica. 2. Impactos Ambientais. 3. Efeitos Ambientais. I. Título.

CDU: 331.45

ELIONILCE CHAVES MAIA DA CRUZ

A ENERGIA EÓLICA E SEUS EFEITOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Faculdade Laboro, para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Profa. MsC Ludmilla Barros Leite Rodrigues (Orientadora)
Mestre em Odontologia
UNIARARAS - Fundação Hermínio Ometto

Profa. MsC Rosemary Ribeiro Lindholm
Mestre em Enfermagem Pediátrica
Universidade de São Paulo USP

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma investigação teórica na literatura científica sobre a utilização de soluções energéticas que agridem em menor escala o meio ambiente destacado a energia eólica como uma fonte alternativa de grande importância na elaboração de novos cenários energéticos ecologicamente melhores. Porém, como toda tecnologia energética, o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica apresenta algumas características ambientais desfavoráveis. Neste trabalho, procura-se descrever quais são estas características e algumas medidas que podem ser tomadas no sentido de diminuir os impactos ambientais na instalação e operação de parques eólicos. Baseado na bibliografia analisada, conclui-se que os investimentos em energia eólica devem ser encorajados e algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e, até mesmo, eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas.

Palavras-chave: Energia Eólica. Impactos Ambientais. Efeitos Ambientais.

ABSTRACT

This paper presents a theoretical research in the scientific literature on the use of energy solutions that attack to a lesser extent the environment-des seconded wind power as an alternative source of great importance in the elaboration of new environmentally best energy scenarios. However, like all energy techno-logy, the use of wind for electricity generation apre-sits some unfavorable environmental characteristics. In this study, we aimed to describe what these features and some measures that can be taken to reduce the environmental impacts on the installation and operation of wind farms. Based on the analyzed literature, it is concluded that investments in wind energy should be encouraged and some of these features can be significant minimized and even eliminated with proper planning and technological innovations.

Keywords: Wind Energy. Environmental impacts. Environmental effects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Moinho de vento típico da Holanda.....	11
Tabela 1-	Capacidade instalada de geração eólica em MW por País.....	12
Figura 2-	Componentes do Sistema Eólico.....	16
Figura 3-	Exemplo de Rotor de Eixo Vertical.....	17
Figura 4-	Exemplo de Rotor de Eixo Horizontal.....	17
Figura 5-	Configuração do Sistema Isolado.....	18
Figura 6-	Configuração do Sistema Híbrido.....	19
Figura 7-	Configuração do Sistema Conectado à Rede.....	20
Figura 8-	Exemplo de Sistema Off-Shore.....	20
Figura 9-	Matriz de Energia Elétrica.....	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO GERAL.....	10
3. METODOLOGIA.....	10
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
4.1 Breve histórico sobre energia eólica.....	11
4.2 Conceitos sobre energia eólica.....	13
4.2.1 Ventos.....	13
4.2.2 Componentes do Sistema Eólico.....	14
4.2.3 Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica.....	15
4.2.3.1 Rotores de Eixo Vertical.....	15
4.2.3.2 Rotores de Eixo Horizontal.....	16
4.2.4 Tipos de Sistemas Eólicos.....	17
4.3 Energia Eólica no Brasil.....	19
4.4 Vantagens e Desvantagens dos sistemas eólicos.....	21
4.5 Efeitos e impactos ambientais da energia eólica no Brasil.....	22
4.5.1 Principais impactos sobre o meio biótico.....	23
4.5.1.1 Supressão da vegetação.....	23
4.5.1.2 Fauna.....	23
4.5.2 Principais impactos sobre o meio físico.....	24
4.5.2.1 Degradação da área afetada.....	24
4.5.3 Principais impactos sobre meio socioeconômico.....	25
4.5.3.1 Emissão de ruído	25
4.5.3.2 Impacto visual.....	28
4.5.3.3 Corona Visual ou Ofuscamento.....	29
4.5.3.4 Interferências eletromagnéticas.....	29
4.5.3.5 Efeito estroboscópico dos aerogeradores.....	30
4.5.3.6 Interferências locais.....	30
6 CONCLUSÃO.....	33
REFERENCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço do sistema de produção fordista, caracterizada como o processo de produção e de consumo em massa no mundo, surgiu nos últimos anos uma preocupação muito grande com as questões ambientais. Porém, existem fatores decorrentes deste processo, como industrialização, modernização agrícola, crescimento populacional e urbanização, que compuseram os principais pontos de pressão e de conscientização humana sobre a problemática ambiental global (IPEA, 2010). Energia eólica é uma forma de energia produzida pelos ventos. As massas de ar que se movimentam na atmosfera devido às diferenças de pressão causadas pelo aquecimento irregular da superfície da Terra. Enquanto o sol aquece o ar, água e terra de um hemisfério, o outro é resfriado por radiação térmica enviada ao espaço. Diariamente a rotação da Terra espalha esse ciclo de aquecimento e resfriamento sobre sua superfície. O aquecimento desigual de oceanos e superfícies da terra, que possuem diferentes capacidades de absorver e armazenar calor acaba provocando os deslocamentos de massas de ar.

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. A indústria de geração de eletricidade através da energia eólica tem conseguido avanços técnicos em três áreas principais: aumento das turbinas que passam a produzir mais energia elétrica e possuem melhor aproveitamento dos ventos, uma diminuição de custos e possibilidades cada vez melhores de integração à rede convencional. Essas melhorias técnicas têm contribuído para o sucesso da geração eólica.

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.

Assim, com a finalidade de contribuir com a discussão sobre este tema, o presente trabalho 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 aos impactos ambientais.

2 OBJETIVO GERAL

Apresentar o sistema de energia eólica com teorias, histórico, vantagens e desvantagens de implantação no Brasil e efeitos e impactos ambientais que a tecnologia oferece.

3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada tem cunho eminentemente exploratório, utilizando revisão da literatura para apoiar a resposta ao questionamento de estudo.

- ❖ **Formulação do questionamento:** O que a literatura descreve sobre a importância, os benefícios e malefícios, econômico-financeiros e ambientais, da implantação de sistemas eólicos no Brasil?
- ❖ **Localização e seleção dos estudos:** Serão considerados o estudo de publicações avulsas, revistas, jornais, livros, anais de eventos, congressos, monografias, dissertações, teses, impressos e virtuais, sendo pesquisados ainda estudos em base de dados eletrônica, tais como, Google Acadêmico, Scielo, Bibliotecas Virtuais e Sites do Governo.
- ❖ **Período:** 2004 a 2016.
- ❖ **Coleta de dados:** Serão coletados dados relativos às iniciativas de instalação, estudos científicos, efeitos e impactos ambientais, vantagens e desvantagens de implantação do sistema eólico no Brasil. Descritores (palavra-chave): Energia Eólica, Impactos Ambientais e Efeitos Ambientais.
- ❖ **Análise e apresentação dos dados:**
 - Teorias e Definições da Energia Eólica
 - O Contexto da Energia Eólica no Brasil
 - Vantagens e Desvantagens na Implantação do Sistema Eólico
 - Efeitos e Impactos Ambientais do Sistema Eólico no Brasil

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Breve Histórico Sobre Energia Eólica

A energia eólica existe por volta de 200 A.C. com a utilização dos cata-ventos provenientes na Pérsia. Tratava-se de um moinho de eixo vertical que foi usado por diversos séculos após se espalhar pelo mundo islâmico. Há também quem acredite que a invenção veio do povo chinês e babilônico aproximadamente 1700 AC que já usava para irrigação (CRESESB, 2015).

Com os avanços da agricultura o homem necessitava cada dia mais de recursos para facilitar o trabalho, por isso os moinhos de ventos tiveram utilização em larga escala e passaram a fazer parte dos trabalhos na Europa, após o retorno das Cruzadas, há mais de 900 anos. Depois disso, vários avanços tecnológicos foram implementados no mundo e os moinhos de ventos passaram a adquirir mais funções, além da irrigação do solo, são elas: drenagem de terras, produção de óleos vegetais, fabricação de papel e acionamento de serrarias para processamento de madeira (CRESESB, 2015).

Na Figura 1 pode –se ver a imagem de um moinho de vento típico da Holanda.

Figura 1: Moinho de vento típico da Holanda



Fonte: CRESESB, 2015

No início do século XIX, com o desenvolvimento da rede elétrica, utilizou-se os cata-ventos para geração de energia elétrica que passaram a se chamar de aerogeradores. Depois houveram várias combinações da aerodinâmica com a estrutura dos moinhos de ventos que, somados as diversas inovações tecnológicas, chegaram aos modelos atuais, atingindo valores, em MW, até 2015, de acordo com o que mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Capacidade instalada de geração eólica em MW por País.

PAÍS	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
China	114.609	91.413	75.324	62.364	44.733	25.810	12.210	5.912	2.599	1.266	764	566	468	404	352	262
Estados Unidos	65.879	61.110	59.882	46.919	40.180	35.159	25.170	16.819	11.603	9.149	6.752	6.352	4.685	4.258	2.564	2.534
Alemanha	39.165	34.250	31.308	29.075	27.215	25.777	23.903	22.247	20.622	18.428	16.628	14.609	12.400	8.754	6.095	4.443
Espanha	22.987	22.959	22.796	21.673	20.676	19.149	16.740	15.145	11.630	10.028	8.263	6.202	4.830	3.337	2.535	1.542
Índia	22.465	20.150	18.321	15.880	13.066	11.807	9.587	7.850	6.270	4.430	2.983	2.120	1.702	1.500	1.260	1.035
Reino Unido	12.440	10.711	8.445	6.018	5.204	4.092	3.288	2.389	1.963	1.353	897	704	552	483	409	347
Canadá	9.694	7.823	6.201	5.265	4.008	3.319	2.369	1.846	1.460	683	444	326	221	198	137	125
França	9.285	8.243	7.473	6.549	5.569	4.483	3.404	2.455	1.567	757	390	240	131	116	63	25
Itália	8.663	8.558	8.144	6.737	5.797	4.850	3.736	2.726	2.123	1.718	1.265	891	785	697	427	183
Brasil	5.939	3.466	2.507	1.429	930	600	339	247	237	29	29	29	24	24	22	17
Suécia	5.425	4.382	3.745	2.798	2.052	1.448	1.067	831	571	509	442	399	328	290	241	215
Portugal	4.914	4.730	4.525	4.083	3.702	3.357	2.862	2.130	1.716	1.022	523	299	194	153	111	61
Dinamarca	4.883	4.807	4.162	3.927	3.734	3.465	3.160	3.125	3.136	3.128	3.118	3.115	2.880	2.534	2.415	1.771
Polônia	3.834	3.390	2.497	1.616	1.179	725	472	276	153	73	58	58	27	51	5	5
Austrália	3.806	3.239	2.584	2.226	1.880	1.877	1.494	817	817	579	380	198	104	71	30	9
Turquia	3.763	2.958	2.312	1.799	1.274	797	333	207	65	20	20	20	19	19	19	9
Holanda	2.805	2.671	2.391	2.328	2.269	2.223	2.225	1.747	1.559	1.224	1.078	912	686	497	442	411
Japão	2.789	2.689	2.614	2.501	2.304	2.083	1.880	1.528	1.309	1.040	940	644	415	316	142	68
México	2.551	1.917	1.348	929	521	417	85	85	84	2	-	-	-	-	-	-
Irlanda	2.272	2.049	1.738	1.631	1.428	1.310	1.245	805	746	495	353	225	137	125	119	73
Áustria	2.095	1.684	1.378	1.084	1.011	995	995	982	965	819	607	415	139	95	77	42
Grécia	1.980	1.866	1.749	1.627	1.208	1.086	990	873	758	573	466	398	276	299	274	158
Bélgica	1.959	1.666	1.375	1.078	886	548	384	287	194	167	97	68	44	31	13	6
Noruega	819	771	703	520	435	431	428	333	325	268	160	112	97	17	13	9
Marrocos	787	487	291	291	286	253	125	125	64	64	54	54	54	54	54	14
Bulgária	691	181	684	503	499	177	158	57	36	14	-	-	-	-	-	-
Taiwan	633	614	564	564	519	436	358	280	188	104	-	-	-	-	-	-
Finlândia	627	449	288	197	197	147	140	110	86	82	82	47	41	39	39	18
Nova Zelândia	623	623	623	623	506	497	325	322	171	168	170	38	35	35	35	24
Egito	610	550	550	550	550	435	390	310	230	145	145	69	69	69	69	36
Coréia do Sul	609	561	483	406	379	348	278	192	176	119	8	8	-	-	-	-
Ucrânia	498	371	276	151	87	90	90	89	86	77	57	51	-	-	-	-

PAÍS	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Hungria	329	329	329	329	295	201	127	65	61	18	-	-	-	-	-	-
Estónia	303	280	269	184	149	142	78	59	33	33	-	-	-	-	-	-
República Tcheca	282	268	260	217	215	191	150	116	57	30	-	-	-	-	-	-
Lituânia	279	279	225	179	163	91	54	52	55	7	-	-	-	-	-	-
Argentina	271	271	233	129	54	29	30	30	28	27	26	26	27	27	16	14
Costa Rica	198	148	148	148	123	123	74	74	74	71	71	71	71	71	51	51
Luxemburgo	58	58	45	44	44	35	35	35	35	35	35	16	16	15	15	9
Outros Países	7.778	5.673	3485	2178	1618	740	407	349	299	270	250	152	580	348	405	416
Total	369.597	318.644	282.275	236.750	196.945	159.742	121.188	93.927	74.151	59.024	47.555	39.434	32.037	24.927	18.449	13.932

Fonte: (CRESESB, 2015)

Nesse contexto, a primeira turbina de Energia eólica do Brasil foi instalada em Fernando de Noronha no ano de 1992, mas só depois de dez anos o governo passou a incentivar as fontes de energias alternativas, através da criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). (SALINO, 2011)

4.2 Conceitos Sobre Energia Eólica

A energia eólica produzida a partir da força dos ventos é uma energia eminentemente renovável e limpa, além de ter baixo custo operacional e ser de rápida implantação. É através dos aerogeradores que a energia cinética contida nos ventos é transformada em energia elétrica (GOMES, 2013)

Para o entendimento desse tipo de sistema, algumas definições serão necessárias e citadas a seguir.

4.2.1 Ventos

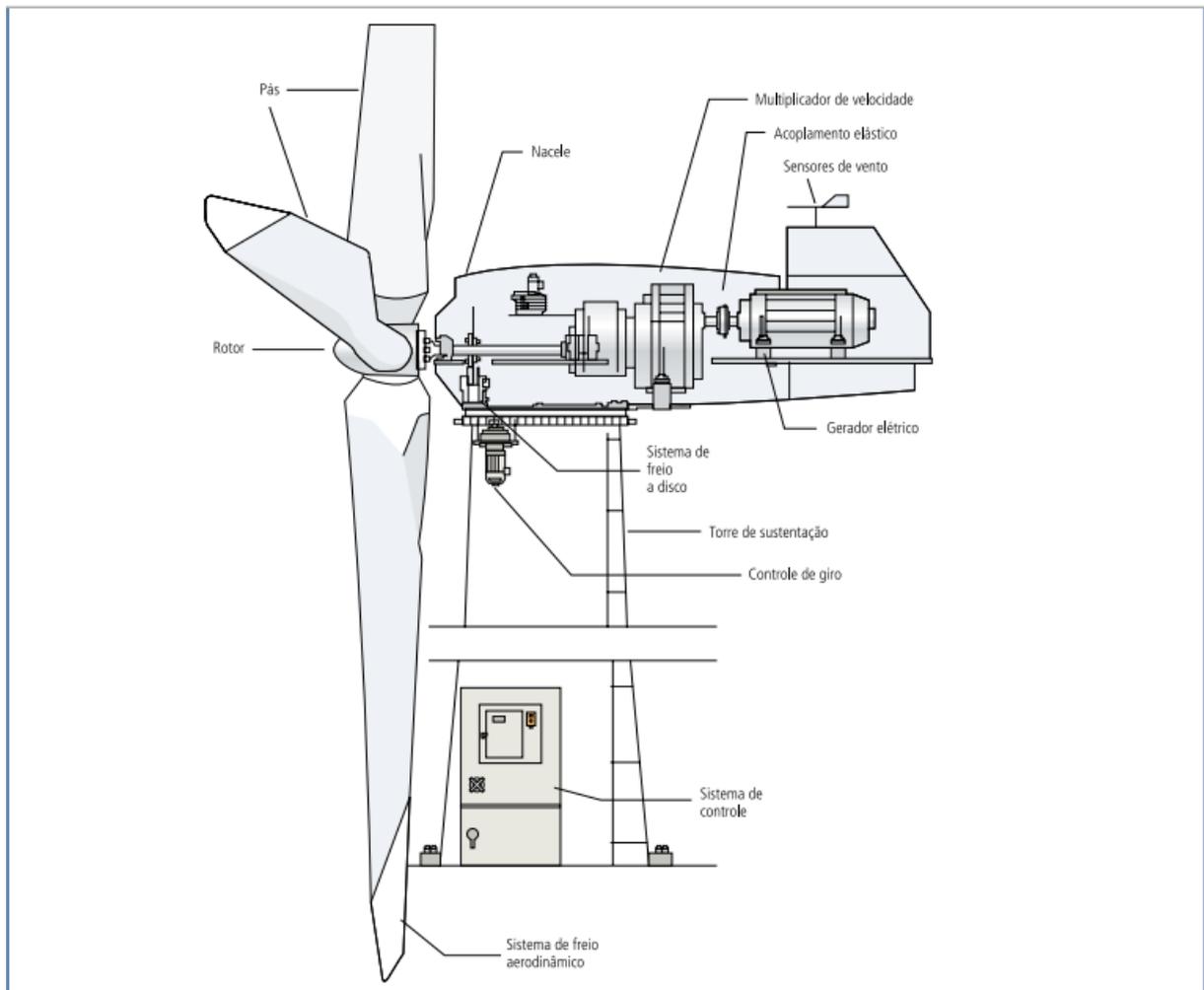
O vento é a principal característica da movimentação das massas de ar existentes na atmosfera e o seu surgimento está diretamente relacionado às variações das pressões de ar que por sua vez é originada termicamente através da radiação solar e das fases de aquecimento das massas de ar. (SANTOS, 2006)

4.2.2 Componentes do Sistema Eólico

O sistema eólico é composto por alguns componentes que trabalham harmonicamente para transformação da energia do vento em energia elétrica, são eles:

- Rotor - transforma a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação;
- Transmissão e Caixa Multiplicadora - transmite a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até a carga. Alguns geradores não utilizam este componente, neste caso, o eixo do rotor é acoplado diretamente à carga;
- Gerador Elétrico - converte energia mecânica em energia elétrica;
- Mecanismo de Controle – orienta o rotor, controla velocidade, carga, etc;
- Torre - sustenta e posiciona o rotor na altura conveniente;
- Nacele – envoltório montado sobre a torre que abriga o gerador, caixa de engrenagens e o sistema de controle; (SALINO, 2011)
- Eixo – acopla as pás ao gerador fazendo a transferência de energia mecânica da turbina; (SALINO, 2011)
- Pás - responsáveis pela ativação do rotor (SILVA, 2015);
- Sistema de Armazenamento - responsável por armazenar a energia para produção de energia firme a partir de uma fonte intermitente.

Figura 2: Componentes do Sistema Eólico



Fonte: (SILVA, 2015)

4.2.3 Tipos de Aerogeradores para Geração de Energia Elétrica

Há no mercado dois tipos de eixo para os rotores de uma turbina eólica, são eles:

4.2.3.1 Rotores de Eixo Vertical

Em geral, os rotores de eixo vertical têm a vantagem de não necessitarem de mecanismos de acompanhamento para variações da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto e os esforços devido às forças de Coriolis. Os rotores de eixo vertical também podem ser movidos por forças de sustentação (lift) e por forças de arrasto (drag). Os principais tipos de rotores de eixo vertical são Darrieus, Savonius e turbinas com torre de vórtices. (CRESESB, 2015).

Figura 3. Exemplo de Rotor de Eixo Vertical.



Fonte: (CRESESB, 2015)

4.2.3.2 Rotores de Eixo Horizontal

Os rotores de eixo horizontal são os mais comuns, e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização. São movidos por forças aerodinâmicas chamadas de forças de sustentação (lift) e forças de arrasto (drag). (CRESESB, 2015).

Figura 4. Exemplo de Rotor de Eixo Horizontal.



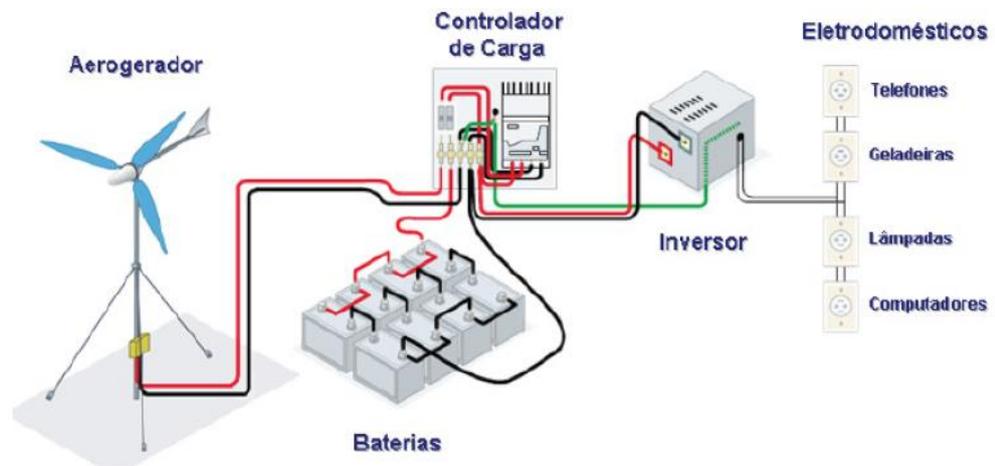
Fonte: (CRESESB, 2015)

4.2.4 Tipos de Sistemas Eólicos

Os sistemas eólicos podem ser classificados em três categorias principais, a saber: Isolados, Híbridos, Conectados à Rede e Off-Shore. Esses serão mostrados a seguir.

- **Sistemas Isolados** – tem como característica principal o uso de baterias para armazenamento da energia gerada. São geralmente utilizados em locais afastados das redes de distribuição. Esse sistema é composto de controlador de carga que protege as baterias contra sobrecarga ou descarga, baterias para armazenamento de energia e inversor que transforma a energia elétrica contínua em alternada, adequada para os equipamentos.

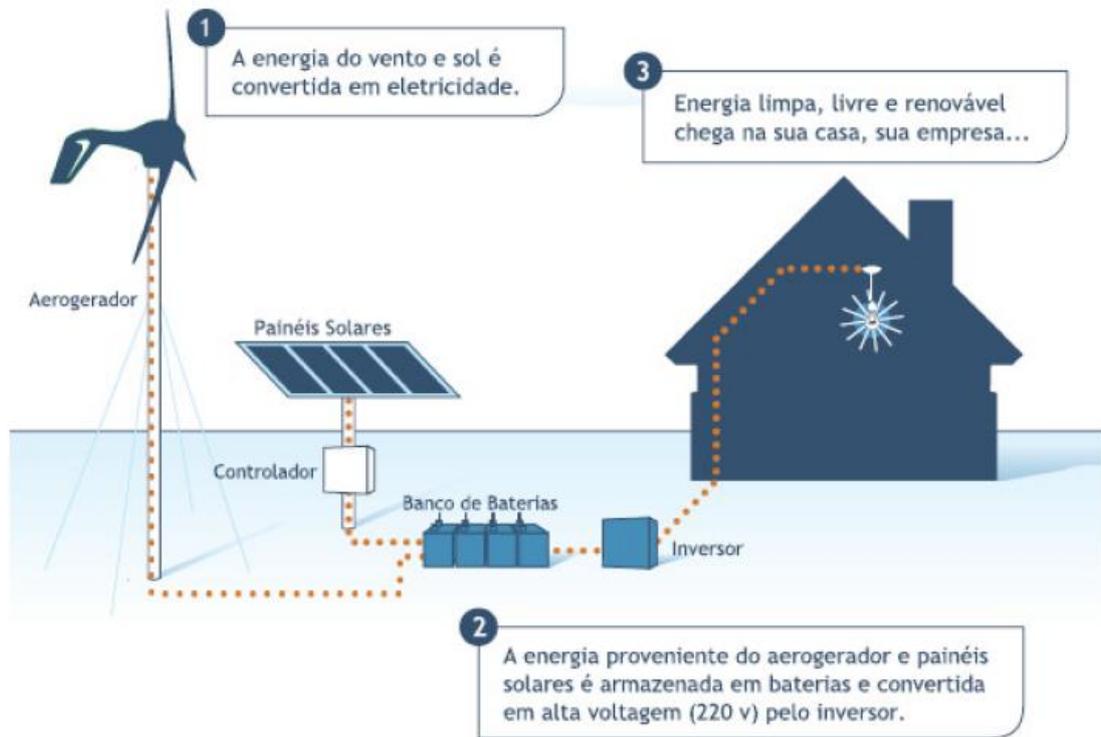
Figura 5. Configuração do Sistema Isolado



Fonte: (PEREIRA, 2010)

- **Sistemas Híbridos** – nele encontramos a associação de duas ou mais fontes alternativas de energia, tais como, eólica e solar, mostrado na Figura 6. Dessa forma, uma fonte supre a necessidade do consumidor na ausência da outra, proporcionando mais eficiência na produção de energia.

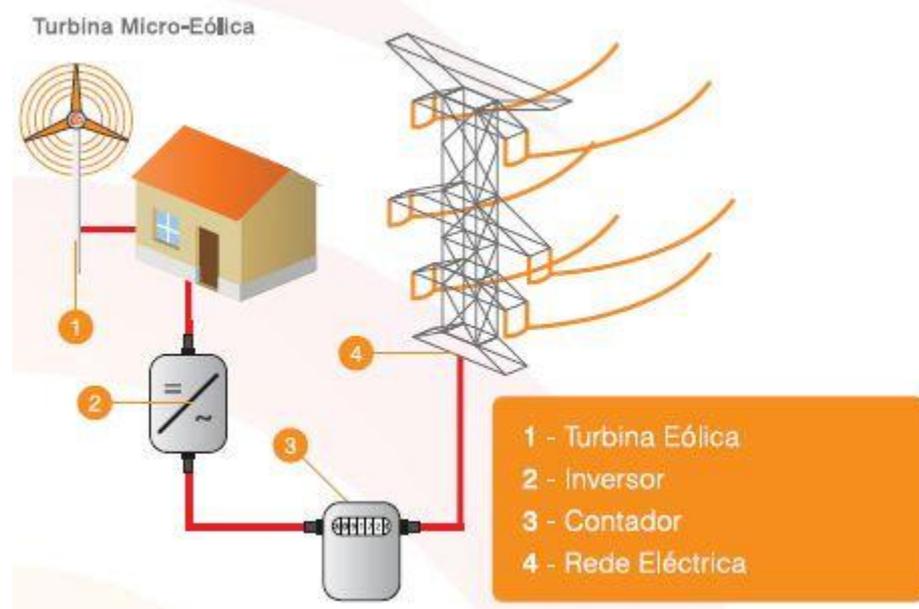
Figura 6. Configuração do Sistema Híbrido.



Fonte: (PEREIRA, 2010)

- Sistemas Conectados à Rede – nessa configuração a energia gerada é injetada diretamente na rede de distribuição elétrica da concessionária de energia e contabilizada pelo contador (medidor) após a conversão em corrente alternada pelo inversor. Na Figura 7 temos a configuração do sistema mencionado.

Figura 7. Configuração do Sistema Conectado à Rede.



Fonte: (PEREIRA, 2010)

- Sistemas Off-Shore – nova configuração que consiste instalar as turbinas no mar. Nesse caso, necessita-se de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, sua instalação e operação. (CRESESB, 2015). A Figura 8 mostra uma imagem dessa configuração.

Figura 8. Exemplo de Sistema Off-Shore.



Fonte: (CRESESB, 2015)

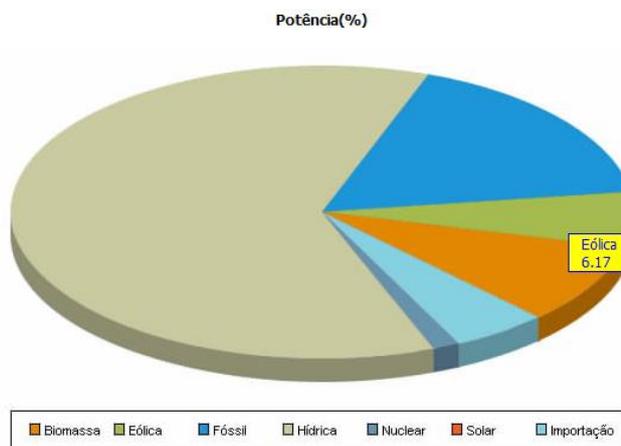
4.3 Energia Eólica No Brasil

O potencial eólico do Brasil está estimado em 140.000 MW. Essa estimativa, dada pelo Ministério de Minas e Energia, é 50% a mais do que toda a energia utilizada no país atualmente, somando todos os outros meios de geração. O maior potencial eólico do país está na região nordeste, que tem uma capacidade de 75.000 MW. Os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil. (BRASIL SOLAIR, 2016)

No país a utilização da energia eólica ainda é pequena, cerca de 6,17% em 2016, em relação as outras fontes de energia, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9. Matriz de Energia Elétrica.

Fonte			Capacidade Instalada			Total						
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	(KW)	%	Nº de Usinas	(KW)	%				
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	397	10.842.160	6,8893	415	10.955.015	6,9610				
		Biogás-AGR	3	1.822	0,0011							
		Capim Elefante	3	65.700	0,0417							
	Biocombustíveis líquidos	Casca de Arroz	12	45.333	0,0288							
		Óleos vegetais	2	4.350	0,0027							
		Floresta	Carvão Vegetal	8	54.097				0,0343			
			Gás de Alto Forno - Biomassa	11	332.265				0,2111			
		Lenha	2	14.650	0,0093							
		Lenha	17	2.261.136	1,4367							
	Resíduos animais	Resíduos Florestais	50	386.525	0,2456							
	Resíduos sólidos urbanos	Biogás - RA	11	2.099	0,0013							
	Eólica	Cinética do vento	Biogás - RU	15	113.246				0,0719	15	113.246	0,0719
			Cinética do vento	397	9.709.360				6,1695	397	9.709.360	6,1695
Fóssil	Carvão mineral	Calor de Processo - CM	1	24.400	0,0155	23	3.612.995	2,2957				
		Carvão Mineral	13	3.389.465	2,1537							
		Gás de Alto Forno - CM	9	199.130	0,1265							
	Gás natural	Calor de Processo - GN	1	40.000	0,0254				152	12.997.990	8,2591	
		Gás Natural	151	12.957.990	8,2337							
	Outros Fósseis	Calor de Processo - OF	1	147.300	0,0935				1	147.300	0,0935	
		Petróleo	Gás de Refinaria	7	339.960							0,2160
	Petróleo	Óleo Combustível	40	4.055.973	2,5772							
		Óleo Diesel	2162	4.790.836	3,0441							
		Outros Energéticos de Petróleo	17	955.928	0,6074							
	Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1228	96.459.630				61,292	1228	96.459.630	61,292
	Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000				1,2644	2	1.990.000	1,2644
			Radiação solar	42	23.008				0,0146			
Importação	Solar	Radiação solar	42	23.008	0,0146							
		Paraguai		5.650.000	3,5901							
		Argentina		2.250.000	1,4296							
		Venezuela		200.000	0,1270							
		Uruguai		70.000	0,0444							
Total			4602	157.376.363	100	4602	157.376.363	100				



Fonte: (ANEEL, 2016)

O Brasil possui um dos maiores potenciais para aproveitamento Eólico em todo o mundo, já comprovado em diversos estados, bem como pelo desempenho e produção das Usinas Eólicas de Taíba, Prainha e Mucuripe (Ceará), Palmas (Paraná) e Bom Jardim da Serra (Santa Catarina). (SANTOS, 2006).

O Fator de Capacidade das Usinas Eólicas em regiões de ventos médios anuais superiores a 8m/s, atinge 40% e, em alguns locais como no litoral nordeste do Brasil, em alguns meses chega a atingir até 60%. (SANTOS, 2006).

4.4 Vantagens E Desvantagens Dos Sistemas Eólicos

Como toda tecnologia de geração de energia tem seus prós e seus contras, a geração de eletricidade através da utilização da energia dos ventos não é diferente.

No entanto para uma determinada faixa de utilização esse tipo de conversão de energia se torna bastante interessante e em consonância com as necessidades mais atuais do mercado que são a agilidade na implantação e a questão ambiental (MAGALHAES, 2009).

- Vantagens

Uma vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidroelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural (SANTOS, 2006). Além disso, é uma transformação limpa do recurso energético natural, o vento. Não produz resíduos poluentes, possui grande durabilidade e pouca manutenção (MAGALHAES, 2009).

A energia eólica também apresenta maior potencial de crescimento no Brasil. Sistemas eólicos de grande porte interligados a rede pública de distribuição são bastante viáveis, pois dispensam armazenamento. Mais uma vantagem é que trazem a oportunidade de eletrificação de regiões remotas (MAGALHAES, 2009).

Outras características positivas das turbinas de vento são os seus curtos períodos de construção, o tamanho reduzido de suas unidades em relação às de outros tipos de geradores de eletricidade (e, desta forma, têm maior adaptabilidade em responder às demandas elétricas) e a sua capacidade de serem adaptadas sob

medida a usos e localizações específicas. Outra vantagem da energia eólica, especialmente no caso da utilização residencial, é que ela é um excelente complemento para a energia solar: dias com pouco sol geralmente são aqueles com ventos acima da média. (HINRICHS, 2014)

- Desvantagens

Como desvantagens, temos a poluição visual, apesar de já existirem algumas preocupações com relação a barulho, interferência em televisores e acidentes com aves de rapina pelo impacto com as pás das turbinas (HINRICHS, 2014). As pás das turbinas produzem sombras e reflexos móveis que também são indesejáveis nas áreas residenciais. (MAGALHÃES, 2009)

Verifica-se que o recurso eólico apresenta variações, os ventos não são constantes. Além disso, as baterias são consideradas o ponto crítico do sistema, pela pouca durabilidade (MAGALHÃES, 2009).

4.5 Efeitos E Impactos Ambientais Da Energia Eólica No Brasil

Em julho de 2009 foi assinada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério de Minas e Energia (MME), Fórum de Secretários Estaduais para Assuntos de Energia e outras autoridades a Carta dos Ventos, documento este que define diretrizes para a fonte eólica de energia no Brasil. Segundo a diretriz VII, do referido documento, o MMA ficou responsabilizado por “Definir, em conjunto com os estados, diretrizes para aperfeiçoar o processo de licenciamento ambiental em usinas eólicas” (MMA, 2010). Esse ministério então visando avaliar os procedimentos de Licenciamento Ambiental e Normatização de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica formou um grupo de trabalho com representantes de órgãos estaduais de meio ambiente e com o Ibama, para que esses analistas, por meio de reuniões sistemáticas e visitas técnicas a usinas eólicas em território nacional, apresentassem estudos solicitados para o licenciamento ambiental.

A utilização da energia eólica configura-se como uma importante alternativa na geração de energia elétrica, sobretudo quando tratamos de mudanças climáticas e a necessidade de redução na emissão de gases de efeito estufa do setor

energético. Os impactos ambientais gerados estão relacionados principalmente ao impacto visual e ao impacto sobre a fauna e flora.

4.5.1 Principais Impactos Sobre O Meio Biótico

4.5.1.1 Supressão da Vegetação

A construção de usinas eólicas pode provocar impactos na fauna e na flora local durante a fase de construção e durante a permanência do empreendimento ou sua exploração, os impactos recorrentes são supressão da vegetação remoção de terra e compactação do terreno por máquinas (KERLINGER, 2002). O desmatamento promove a supressão de ambiente com fauna e flora e a fragmentação local dos ecossistemas relacionados. Estudos demonstram que essas atividades geralmente são realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente podendo gerar a extinção de setores fixados pela vegetação, bem como a supressão de ecossistemas antes ocupados por fauna e flora específicas (MEIRELES, 2009).

4.5.1.2 Fauna

Entre os impactos na fauna, a implantação de uma usina eólica pode gerar de forma direta e indireta danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte); colisão com as linhas de transporte de energia; alteração do sucesso reprodutor; perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de *habitat* de reprodução e alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do *habitat* devido à perturbação associada à presença das turbinas. De acordo com Tolmasquim (2004), empreendimentos eólicos fora de rotas de imigração não perturbam os pássaros, e que eles tendem a mudar sua rota de vôo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina.

As turbinas de vento para geração de energia eólica representam uma grande ameaça para as populações de morcegos. A rotação das turbinas causa uma queda da pressão atmosférica na região próxima à extremidade das lâminas, e quando um morcego passa por essa zona de baixa pressão seus pulmões sofrem

uma expansão repentina, o que resulta no rompimento dos vasos capilares do órgão causando hemorragia interna, algo similar ao que acontece com mergulhadores que experimentam mudanças repentinas de pressão. Embora alguns sejam afetados por golpes diretos desferidos pelas hélices das turbinas, a principal causa de morte é essa queda repentina de pressão próxima das estruturas dos aerogeradores. As aves são menos impactadas que os morcegos, pois, graças ao seu sistema respiratório mais robusto, não sofrem com o problema de despressurização (VILLEY MIGRANE, 2004). Pintar as pás em cores mais visíveis pode aumentar a sua visibilidade, reduzindo o número de colisões. Mas em termos de mortalidade de aves, a localização da usina eólica, é sem dúvida o mais importante.

A correta localização de empreendimentos eólicos pode reduzir os efeitos negativos no meio ambiente em alguns grupos faunísticos. Entretanto, os estudos com foco nesses impactos ainda são recentes. A implantação da usina eólica pode implicar na interferência da fauna terrestre, primeiro por atingir seus habitats, e, segundo, pelo aumento da movimentação e ruído na fase de implantação, que tende a afugentar a fauna para outras localidades, podendo esta, sofrer atropelamentos nas rodovias. Porém nota-se o retorno da fauna terrestre quando do término das obras (KERLINGER, 2002).

4.5.2 Principais Impactos Sobre O Meio Físico

4.5.2.1 Degradação Da Área Afetada

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 terraplenagem, pois é necessária a criação e manutenção de uma rede de vias de acesso para os aerogeradores (PIRES, 2011). 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. Outro impacto é o da introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo, quando da etapa do processo de implantação visando proporcionar o tráfego de veículos sobre a rede de

vias de acesso aos aerogeradores, ao canteiro de obras, ao depósito de materiais, do escritório e do almoxarifado (AMARAL,2009).

A implantação de usinas geradoras de energia eólica podem promover interferência em sítios arqueológicos, o que traz a necessidade de além de estudos técnicos precedentes, que haja monitoramento da área afetada. As atividades de terraplanagem podem alterar o nível hidrostático do lençol freático, influenciando no fluxo de água subterrânea, visto que os cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para a estabilidade dos taludes e as vias compactadas para possibilitar a continuidade do tráfego de caminhões (PIRES,2011). Outro fator de alteração do nível hidrostático do lençol freático está vinculado à produção de concreto para confecção das fundações das torres eólicas, visto que é elevado o volume de material a ser utilizado. Ou seja, há interferência na disponibilidade hídrica local devido ao elevado consumo de água na fabricação do concreto. O conjunto de impactos ambientais poderá interferir no controle da erosão, dinâmica hidrostática e disponibilidade de água doce, supressão de habitats e alterações da paisagem vinculadas aos aspectos cênicos e de lazer (CUSTÓDIO,2009).

4.5.3 Principais Impactos Sobre Meio Socioeconômico

Das vantagens atribuídas à energia eólica destaca-se o fato de que ela não utilizar a água como elemento chave para a geração da energia elétrica, não apresenta resíduos radioativos ou emissões gasosas nocivas. Além destes aspectos, é relevante salientar que cerca de 99% da área utilizada para a implantação da usina eólica pode ser utilizada para outros fins como a agricultura, pecuária, etc. Os principais impactos negativos sobre o meio socioeconômico causados pela geração da energia eólica estão relacionados aos seguintes aspectos:

- Emissão de ruído;
- Impacto visual;
- Interferência eletromagnética;
- Efeito estroboscópico;
- Interferências locais.

Esses aspectos podem ser minimizados ou mesmo eliminados através de planejamento e estudos adequados, aliados aos avanços e inovações tecnológicos sempre em desenvolvimento.

4.5.3.1 Emissão de Ruído

As turbinas eólicas produzem dois tipos de ruído: o ruído mecânico de engrenagens e geradores, e ruído aerodinâmico das pás. Os ruídos mecânicos têm sido praticamente eliminados através de materiais de isolamento. O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás gerando um som sibilante que é uma função da velocidade de ponta. Os projetos modernos de usinas eólicas estão sendo otimizados com escopo de reduzir o ruído aerodinâmico.

O ruído no interior ou em torno de uma usina eólica varia consideravelmente dependendo de uma série de fatores, como: o leiaute da usina, o modelo de turbinas instaladas, o relevo do terreno, a velocidade e a direção do vento e o ruído de fundo. O aumento das emissões de som das turbinas eólicas está relacionado com aumento da velocidade do vento. No entanto, o ruído de fundo que normalmente aumenta mais rápido que o som da turbina, tende a mascarar o ruído das mesmas com o crescimento da velocidade do vento (NOISE ASSOCIATION, 2002).

Níveis de ruído diminuem à medida que aumenta a distância entre turbinas eólicas e são mais comumente expressos em dB(A), decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor (decibelímetro), por ser essa a escala que mais se aproxima da percepção humana do ruído. As previsões dos níveis sonoros em usinas eólicas futuras são de extrema importância a fim de prever o impacto do ruído.

Quando há pessoas que vivem perto de uma usina eólica, os cuidados devem ser tomados para garantir que o som das turbinas de vento seja em um nível razoável em relação ao nível de som ambiente na área. Devido à grande variação dos níveis de tolerância individual ao ruído, não há nenhuma maneira completamente satisfatória para se medir os seus efeitos subjetivos, ou as reações correspondentes de aborrecimento e insatisfação (NOISE ASSOCIATION, 2002).

O aborrecimento individual para o ruído é um tema muito complexo, mas estudos demonstraram uma correlação entre o ruído incômodo com a interferência visual e a presença de características de som intrusivo. Da mesma forma, o

incômodo é maior na área rural do que na periferia e também mais elevados em terreno complexo, em comparação com o solo plano em um ambiente rural (WINDS ENERGY, 2012).

Ruído de baixa frequência (RBF), também conhecido como infrassom, é usado para descrever a energia sonora na região abaixo de 200 Hz. O RBF pode causar desconforto e incômodo para as pessoas sensíveis e por isso tem sido amplamente analisado. O achado mais importante é que as turbinas eólicas modernas com o rotor colocado contra o vento produzem níveis muito baixos de infrassom, geralmente abaixo do limiar de percepção (LEVENTHALL, 2003; HEPBURN E EDWORTHY, 2005; DTI, 2006, apud WINDS ENERGY, 2012). Um levantamento dos resultados nas medições de infrassom de turbinas eólicas publicados, conclui que, com turbinas *upwind*, o infrassom pode ser negligenciado na avaliação dos efeitos ambientais (JACOBSEN, 2005).

As emissões de ruídos são reguladas por normas técnicas da ABNT nº 10.151 e 10.152. Vários estudos têm demonstrado os perigos deste tipo de decibéis à saúde humana. Decibéis do tipo B e C, chamados de infrassom, embora inaudíveis são sentidos como uma vibração no corpo, mesmo dentro das casas, sendo prejudiciais à saúde tanto quanto ou mais do que o tipo A, e podem causar falta de sono, náuseas, tonturas, dores de cabeça, aumento de pressão arterial, agressividade e outros. Um observador, se exposto por um tempo curto ao ruído é limitado a uma percepção instantânea deles, mas é incapaz de assumir os verdadeiros efeitos a longo prazo. A exposição distribuída por um período de tempo, pelo menos, duas semanas pode causar a maioria dos efeitos sentidos em seres humanos. Os impactos do ruído dependem de vários fatores: direção e força do vento, altura e tipo de vento, topografia, pressão do ar, obstáculos e fenômenos físicos específicos (NOISE ASSOCIATION, 2002).

A agência ambiental francesa, *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* – ADEME, sugere um afastamento mínimo de 250 m entre a torre de eólica e uma residência humana, sendo entretanto, essa distância definida em audiência pública. A Academia Nacional de Medicina da França e do Reino Unido *Noise Association* recomenda uma distância de 1,5km (VILLEY MIGRAINE, 2004). Vários estudos registraram um conjunto comum de efeitos adversos à saúde de pessoas que vivem próximas aos aerogeradores. Esses sintomas começaram após o funcionamento das usinas eólicas, e incluem:

Distúrbios do sono;

- Dor de cabeça;
- Zumbido nos ouvidos;
- Pressão no ouvido;
- Náuseas;
- Tonturas;
- Taquicardia;
- Irritabilidade;
- Problemas de concentração e memória;
- Episódios de pânico com sensação de pulsação interna ou trêmula que surgem quando acordado ou dormindo.

Esses distúrbios têm sua principal causa o efeito da baixa frequência do ruído de turbinas eólicas nos órgãos do ouvido interno. Apesar da ausência de estudos conclusivos, o princípio da precaução justifica a cessação do funcionamento de qualquer usina eólica em zonas habitadas, mesmo que a comunidade local o tenha aceito.

4.5.3.2 Impacto Visual

Os modernos aerogeradores, com alturas das torres superiores a 100 m e comprimento das pás de acima de 30 m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem. Os estudos de impacto ambientais devem identificar, descrever e avaliar os efeitos diretos e indiretos do projeto sobre a paisagem.

Nota-se que o impacto visual diminui com a distância. As zonas de visibilidade teórica podem ser definidas como (UNIVERSITY OF NEWCASTLE, 2002, apud WINDS ENERGY, 2012):

- Zona I - Visualmente dominante: as turbinas são percebidas como de grande porte e o movimento das lâminas é óbvio. A paisagem imediata é alterada. Distância de até 2 km.
- Zona II - visualmente intrusivas: as turbinas são elementos importantes na paisagem e são claramente percebidas. O movimento das lâminas é claramente visível e pode atrair os olhos. As turbinas não são

necessariamente os pontos dominantes na visão. Distância entre 1 e 4,5 km, em condições de boa visibilidade.

- Zona III - Notável: as turbinas são claramente visíveis, mas não intrusivas. A usina eólica é perceptível como um elemento na paisagem. O movimento das lâminas é visível em boas condições de visibilidade, mas as turbinas parecem pequenas no panorama global. Distância entre 2 e 8 km, dependendo das condições meteorológicas.
- Zona IV - Elemento na paisagem distante: o tamanho aparente das turbinas é muito pequeno. As turbinas são como qualquer outro elemento na paisagem. O movimento de lâminas geralmente é imperceptível. Distância de mais de 7 km.

Embora o impacto visual seja muito específico para o local, em uma usina eólica em particular, algumas características no *design* e implantação podem ser identificadas para minimizar o seu impacto potencial visual:

- O tamanho e tipos similares de turbinas em uma usina eólica ou de várias adjacentes.
- A seleção de design de turbinas eólicas (torre, cor) de acordo com as características da paisagem.
- Seleção de cor neutra e pintura anti-reflexo para torres e pás.
- Pintura de camuflagem próxima a instalações militares, para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência.
- O uso de três lâminas girando na mesma direção.
- O panorama visual melhora com a distribuição de turbinas em linha.

4.5.3.3 Corona Visual ou Ofuscamento

Corona visual ou ofuscamento é a quantidade de radiação eletromagnética deixando ou chegando a um ponto sobre uma superfície. Pode ser minimizado utilizando pinturas opacas nas torres e pás.

4.5.3.4 Interferências Eletromagnéticas

Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas eletromagnéticas. Isso implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Os campos eletromagnéticos de turbinas de vento podem afetar a qualidade de rádio e telecomunicações, bem como comunicações de microondas, celular, internet e transmissão via satélite. A avaliação de impacto deve abordar o problema, mas nem sempre pode garantir a segurança da distribuição ótima do campo magnético (PIRES,2011). A interferência eletromagnética com a comunicação aeronáutica não será um problema criado pela usina eólica, desde que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e, ainda, uma área de servidão radioelétrica de ação da torre de eólica em relação à rota de navegação da aeronave.

4.5.3.5 Efeito Estroboscópico Dos Aerogeradores

O efeito estroboscópico é devido à passagem das lâminas antes do sol que ocorre no início ou no final do dia quando o sol está mais baixo no céu. O grau de sombreamento intermitente depende da distância da torre, da latitude do local, do período do dia e do ano. Torna-se mais relevante quanto menor for a distância das pás e o receptor, bem como o fato de estar em uma mesma altitude.

Segundo pesquisas, o sombreamento intermitente pode causar incômodo e prejudicar pessoas que sofrem de epilepsia, além de náuseas e dores de cabeça nos moradores afetados. É o chamado efeito estroboscópico (PIRES, 2011). O efeito é sentido em uma distância até dez vezes o diâmetro das pás e depende da direção das turbinas eólicas de residências. O efeito é bem documentado em diversos países do mundo, porém mal regulado.

4.5.3.6 Interferências Locais

Para a população situada no entorno da área de influência direta, os impactos mais significativos gerados pela execução das obras de construção da usina eólica se relacionam com as interferências locais e as expectativas geradas em razão da efetivação do empreendimento.

A implantação causa alguns desconfortos temporários à população residente próxima as obras, bem como pode interferir no cotidiano da comunidade

local: aumento de fluxo de veículos, poluição sonora, insegurança no trânsito, aumento temporário da densidade demográfica local, geração de emprego, dinamização das atividades econômicas e aumento da especulação imobiliária. O aumento do fluxo de veículos, principalmente de veículo pesado, pode gerar uma insegurança aos motoristas por eventuais desvios e interrupções do tráfego (AMARAL,2009).

Para diminuir os transtornos, a empresa de engenharia responsável pela execução da obra deve elaborar um plano detalhado dos procedimentos relacionados à movimentação de veículos, estabelecendo um cronograma que oriente o fluxo destes de forma racional, como a sinalização das obras, o isolamento necessário, instalações de dispositivos de segurança e ainda a divulgação junto às comunidades das atividades que eventualmente interfiram no tráfego (AMARAL,2009). Nesse plano deve ainda ser observada a capacidade de suporte do pavimento, transportando tanto quanto possíveis cargas com peso compatível, evitando assim danos à pavimentação das vias, bem como às residências.

Para utilização parcial ou total das estradas e acessos existentes, além de um plano de logística de transporte, devem ser avaliadas as melhorias para que as estradas e acessos possam garantir o caráter permanente de tráfego, incluindo alterações e novas construções na estrutura viária (CHAMBEL,2007). Essas melhorias podem ser um legado do empreendimento à população local, visto que podem facilitar o escoamento de mercadorias e o acesso às propriedades. O aumento temporário da densidade demográfica local é fator preocupante, pois pode gerar problemas de falta de moradia, vandalismo e prostituição. Para tanto é necessário a execução de um plano de medidas a ser implementado pela empresa responsável pelas obras e a prefeitura local, visando amenizar esses problemas, conscientizar a população e os empregados e garantir prioridade de emprego para a população local.

Outro impacto a ser gerenciado pela empresa responsável pela execução das obras é referente aos resíduos sólidos e líquidos provenientes das atividades do canteiro de obras e das atividades construtivas (CAHMBEL,2007). Os resíduos sólidos devem ser manejados adequadamente de acordo com as suas características, ou seja, diferenciando-se os resíduos perigosos, os resíduos não inertes e os resíduos inertes.

Para mitigar este impacto deverá ser implantado o Programa de Gestão Ambiental dos Resíduos Sólidos e Efluentes Líquido, o qual abrangerá o projeto e construção de sistemas de tratamentos de efluentes líquidos e a realização de contrato de prestação de serviço com empresa licenciada para o recolhimento dos resíduos gerados na implantação da usina eólica (MEIRELES, 2008) .

Com relação aos resíduos provenientes da construção civil deverá ser seguido às instruções normativas referentes ao acondicionamento, transporte e destinação final dos diferentes tipos de resíduos gerados durante as obras, em especial a CONAMA nº. 307/2002.

5 CONCLUSÃO

A geração de eletricidade a partir da energia eólica tem se mostrado crescentemente convidativa, seja por constituir o aproveitamento de uma fonte renovável, seja por não apresentar a magnitude dos impactos ambientais geralmente associados às demais formas de aproveitamento energético. Entretanto, os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma usina eólica não podem ser negligenciados. Ficando explícita a necessidade da localização da usina e a distribuição dos aerogeradores que a compõem serem definidas com base em apurado estudo ambiental.

Após a etapa de construção há uma tendência natural de recuperação de vegetação, o que favorece o retorno da fauna a seu habitat. Outro ponto interessante observado são os projetos de educação ambiental e de monitoramento da área da usina, que tendem a agregar turismo ao município.

Há que se salientar, que o retorno econômico gerado pela locação e uso de áreas dentro de fazendas é altamente atrativo, e não necessariamente impede que cesse a exploração de agricultura, de pecuária, ou outras já existentes. Várias fazendas têm buscado incorporar-se às usinas eólicas, no intuito de aumentar a receita e melhorar a segurança de seu entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S. M. S. **Análise Comparativa da Avaliação de Impacto Ambiental de Parques Eólicos em Portugal**, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1419/1/20479_ulfc080629_tm.pdf>. Acesso em: 16 out. 2011.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Matriz de Energia Elétrica**. 09/novembro/2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 09/11/2016.

BRASIL SOLAIR. **Potencial Solar e Eólico. Central de Energia Fotovoltaica**. 2015. Disponível em: <http://www.brasilsolair.com.br/potencial-solar-e-eolico>. Acesso em: 10/11/2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA DE SALVO BRITO (CRESESB). **História da Energia Eólica e suas utilizações**. 09/dezembro/2015. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_eolica. Acesso em: 08/11/2016.

CHAMBEL, S. **Estudos de Impacte Ambiental em Parques Eólicos: uma verdadeira problemática?** 2007. Disponível em: <http://www.ideiasambientais.com.pt/artigos/EIA_eolicos_eternidade.pdf>. Acesso em: 21/10/ 2016.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>>. Acesso em: 20/1-/ 2016.

CUSTÓDIO, R. S. **Energia Eólica para produção de energia elétrica**. 1ªed. Ed. Eletrobrás. 2009.

GOMES, M. L. **A indústria de Geração de Energia Eólica como Fonte Alternativa de Energia**. MBA Executivo Turma 100. COPPEAD, 2013.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. dos. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2014, 764 p.

JACOBSON, M. Z., MASTERS, G. M. **Exploiting Wind Versus Coal** Science 293. August, 2001.

MAGALHÃES, M.V. **Estudo De Utilização Da Energia Eólica Como Fonte Geradora De Energia No Brasil**. Monografia para obtenção de grau de bacharel em ciências econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2009.

MEIRELES, A. J. A. **Impactos ambientais promovidos pela implantação e operação de usinas eólicas em áreas de preservação permanente (APP's) – Os campos de dunas fixas e móveis da planície costeira do Cumbe, município de Aracati**, 2008. Disponível em: <http://wp2.oktiva.com.br/portaldomarb-d/files/2010/08/usinasEolicas_impactos__CUMBE2.pdf>. Acesso em: 18/10/2016.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Pesquisa Sobre Licenciamento Ambiental De Parques Eólicos, 2011.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao26022010101115.pdf> Acesso em: 10/11/ 2016.

PEREIRA, I.Q.G. **Condições De Viabilidade Da Microgeração Eólica Em Zonas Urbanas.** Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2010.

PIRES, L. F. A. **Parque Eólico Alegria.** In: Seminário Brazil Windpower 2011, 1 e 2 setembro de 2011, Rio de Janeiro.

SALINO, P.J. – **Energia Eólica No Brasil: Uma Comparação Do PROINFA e Dos Novos Leilões.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2011.

SANTOS, A. A. dos; RAMOS, D. S.; SANTOS, N. T. F. dos; OLIVEIRA, P. P. **Projeto De Geração De Energia Eólica.** Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Industrial Mecânica. Universidade Santa Cecília. Santos, SP, 2006.

SILVA, L.C. da; SILVA, A.R.M; BARBOSA, A.S; SANTOS, D.K.A; ROCHA, F.B.A. **Implantação De Parques Eólico No Brasil.** XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Fortaleza, CE, 2015.

THE NOISE ASSOCIATION. **Location, Location, Location. An investigation into wind farms and noise by The Noise Association**, 2006. Disponível em: <<http://www.countryguardian.net/Location.pdf>>. Acesso em: 16/10/ 2016.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

WIND ENERGY. **Wind Energy The Facts**. Disponível em: <<http://www.wind-energy-the-facts.org/en/environment/chapter-2-environmental-impacts/onshore-impacts.html>>. Acesso em: 20 out. 2012.