



GABRIEL ANTONIO ASSEF FERNANDES

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONOMICO PARA INSTALAÇÃO
DE UM SISTEMA EÓLICO**

CURITIBA

2012



GABRIEL ANTONIO ASSEF FERNANDES

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONOMICO PARA INSTALAÇÃO
DE UM SISTEMA EÓLICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
APRESENTADO A DISCIPLINA DO
PROGRAMA DE MBA EM GESTÃO
ESTRATÉGICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ**

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família por todo o amor e apoio durante todos esses anos, tornando a distância e a saudade menores com o carinho de todos os dias.

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida e por estar sempre guiando meus passos.

Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo e pelos momentos de alegria e descontração.

Agradeço também aos meus professores e orientador Cleverson pelo aprendizado e pelo ensinamento que enriqueceu muito meus conhecimentos.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA EÓLICO

Resumo

A Energia Eólica tem sua origem a partir do vento, atmosfera em movimento, que é a associação entre a energia solar e a rotação planetária. Todos os planetas envoltos por gases no sistema solar demonstram a existência de distintas formas de circulação atmosférica e apresentam ventos em suas superfícies. A circulação atmosférica constitui-se de um mecanismo solar-planetário permanente. Sua duração é da ordem de bilhões de anos.

O vento é considerado fonte renovável de energia, pois é inesgotável, e está dentre as formas alternativas de energia a de maior crescimento no mundo. Fundamentado em estudos recentes de energia eólica no Brasil, e visando a necessidade de sustentabilidade dos ecossistemas, além do suprimento da demanda existente. (CAMARGO, 2005).

O Brasil ainda tem uma participação inexpressiva desta utilização de energia, mas isso vem mudando, uma vez que os custos estão se reduzindo e grandes áreas estão sendo viabilizadas. Palmas é um grande exemplo disso, de acordo com estudos realizados em diversas áreas do Paraná pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), Palmas se mostrou a região de maior destaque devido ao seu grande potencial eólico. A tecnologia de rotor de três pás com eixo horizontal mostrou-se viável do ponto de vista técnico, uma vez que seu aproveitamento energético chega na ordem de 99% e sua independência no sistema não necessita manutenção constante.(COPEL, 2009)

Ao fazer um levantamento das características particulares de um projeto eólico, o modelo proposto para análise de viabilidade utilizou diversos modelos de turbinas eólicas disponíveis no mercado e também custos estimados para a instalação, operação e manutenção de parques eólicos.(CAMARGO, 2005).

Palavras chaves: energia eólica, vento, turbinas eólicas, aerogeradores.

Abstract

Wind Power has its origin from the wind, the atmosphere in motion, which is the combination of solar and planetary rotation. All surrounded by gaseous planets in the solar system show the existence of different forms of atmospheric circulation and winds present on their surfaces. Atmospheric circulation is made up of a mechanism-solar planetary permanent. Its duration is of the order of billions of years.

The wind is considered a renewable energy source because it is inexhaustible, and is among the alternative forms of energy to higher growth in the world. Based on recent studies of wind energy in Brazil, and focusing on the need for sustainability of ecosystems, besides supplying the existing demand. (CAMARGO, 2005).

Brazil still has a minimal share of energy use, but that has changed since the costs are being reduced and large areas are being made possible. Palmas is a great example of this, according to studies conducted in different areas of Paraná by Companhia Paranaense de Energia Electric (Copel), Palmas showed the region of greatest prominence due to its large wind potential. The technology of three-bladed rotor with horizontal axis proved to be feasible from a technical standpoint, since their energy use comes in the order of 99% and their independence in the system does not require constant maintenance. (Copel, 2009).

When making a survey of the particular characteristics of a wind project, the proposed model for feasibility analysis used various models of wind turbines on the market and also estimated costs for installation, operation and maintenance of wind farms. (CAMARGO, 2005).

Keywords: wind energy, wind, wind turbines, wind powers.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVO.....	10
3	METODOLOGIA.....	11
4	ETAPAS DO ESTUDO	13
4.1	ESTUDOS PRÉVIOS.....	13
4.1.1	Caracterização do local de instalação	13
4.1.2	Condições de Vento	16
4.1.3	Fontes de financiamento	21
4.2	AVALIAÇÃO SÓCIOAMBIENTAL.....	23
4.3	AVALIAÇÃO ECÔNOMICO FINANCEIRA.....	26
4.4	LEGISLAÇÕES PERTINENTES.....	278
4.5	ESTRUTURAÇÃO E IMPLANTAÇÃO	29
4.5.1	Sistemas Eólicos	29
4.5.2	Modelos e Custos.....	34
4.6	ENERGIA EOLICA NO CONTEXTO BRASILEIRO.....	41
5	CONCLUSÕES.....	46
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXO I	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do Projeto (CRESESB, 2007)	12
Figura 2 - Localização do Empreendimento	13
Figura 3- Possível área para implantação.....	13
Figura 4- Parâmetros para definição do terreno (ANEEL, 2003).....	14
Figura 5 – Características necessárias ao terreno (ANEEL, 2003)	15
Figura 6– Primeira Medição	19
Figura 7– Segunda Medição	20
Figura 8 – Terceira Medição.....	20
Figura 9 – Variação do Vento x Altura (CRESESB, 2007)	31
Figura 10– Componentes de um Aerogerador (CRESESB. 2007).....	31
Figura 11– Subconjuntos de um aerogerador	33
Figura 12 - Custos percentuais de um sistema eólico.....	36
Figura 13 - Dados climáticos estação Dois Vizinhos (PR)	38
Figura 14 - Usinas Eólicas em Operação no Brasil (ANEEL, 2007)	41
Figura 15 - Potencial Eólico Região Sul do Brasil (CRESESB, 2003).....	42
Figura 16 - Dados eólicos estações paranaenses INMET	43
Figura 17 - Potencial Eólico Completo Paraná (COPEL, 2007)	44
Figura 18 - Modelo Digital do Relevo do PR	45
Figura 19 - Modelo Digital de Rugosidade do PR	45

1 INTRODUÇÃO

Com a crise ambiental formada devido as maiores formas de obtenção de energia estarem atreladas a fontes não-renováveis como o petróleo, gás natural, carvão, etc., o homem sente a necessidade vital do entendimento das formas de energia que têm o menor impacto sobre o meio ambiente. Estas são obtidas de fontes naturais capazes de se regenerar e que são virtualmente inesgotáveis como energia solar, biogás, hidroeletricidade, energia das marés, biomassa, gás hidrogênio e energia eólica (EE).

Sendo uma das principais fontes alternativas de energia, a EE tem se destacado pelo reduzido impacto sobre o meio ambiente, pela sua base tecnológica industrial, pela experiência e confiabilidade adquiridas nos últimos 20 anos de operação de grandes sistemas no mundo, principalmente na Europa e nos Estados Unidos.

No Brasil, tem se estudado o aproveitamento de EE, sendo que os levantamentos elaborados até o presente momento demonstraram a existência de um grande potencial. Na matriz energética brasileira a participação dessa energia segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ainda é inexpressiva, de apenas 20,3 MW, com turbinas eólicas de médio e grande porte conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas, tais como bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural.

A distribuição dos custos de um projeto eólico implementado no Brasil apresenta uma característica muito particular. Por representar um número ainda muito pequeno de projetos implantados (projetos pilotos e comerciais provenientes da iniciativa privada), a distribuição dos custos é pouco conhecida para que se possam estabelecer os valores médios de cada etapa envolvida.

Adotando-se uma metodologia de distribuição dos custos em um projeto eólico, procurou-se, com dados atualizados de diferentes modelos de turbinas eólicas, analisar as possibilidades de investimentos com recursos próprios e com financiamento externo. Foram abordados os impactos sobre a atratividade de diferentes possibilidades de investimento variando os principais componentes de composição dos projetos. A análise concentrou-se na

aplicabilidade direta da venda de energia elétrica de origem eólica através da Resolução nº 233/1999, da ANEEL, que trata dos Valores Normativos e também da Resolução nº 245/1999, também da ANEEL que trata das regras de repasse dos recursos da CCC para fontes alternativas de energia em substituição ao combustível fóssil utilizado nos sistemas isolados.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo é analisar as questões socioambientais, técnicas e econômico-financeiras para implantação de turbina eólica aerogeradora, visando suprir a demanda atual de energia elétrica na empresa Notável Móveis Ltda, localizada na Estrada do Bom Princípio S/N, no município de Ampére (PR). Constituem-se como objetivos específicos para realização do objetivo geral, os descritos abaixo:

- Análise das faturas de energia elétrica decorrentes do ano vigente do estudo;
- Análise das condições climáticas do local desejado para o projeto;
- Análise de cruzamento dos dados obtidos em campo em software específico para definição de equipamento adequado.

3 METODOLOGIA

Para o levantamento das informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho foram realizadas visitas técnicas ao município de Ampére-PR e à empresa Notável Móveis Ltda..

Desta forma, todos os dados foram analisados minuciosamente, assim como as condições atuais da empresa relativa aos gastos atuais de energia para comparação com o novo cenário pretendido.

Os dados obtidos também foram analisados no software internacional RetScreen que permitiu uma análise precisa dos dados, assim como comparações e cruzamento das informações para obtenção de parâmetros econômicos do projeto.

Foram analisadas também as legislações vigentes da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL quanto as questões de venda de energia a concessionária e a geração de energia a partir de energia eólica.

Caso a empresa, após entendimento deste estudo, deseje optar pela implantação do sistema eólico, deverá procurar uma empresa especializada que realizará todos os processos de medição anual das condições eólicas, estudo do terreno e topografia, assim como características do sistema elétrico. Algumas possíveis empresas que podem realizar este trabalho estarão descritas no anexo III ao final do estudo.

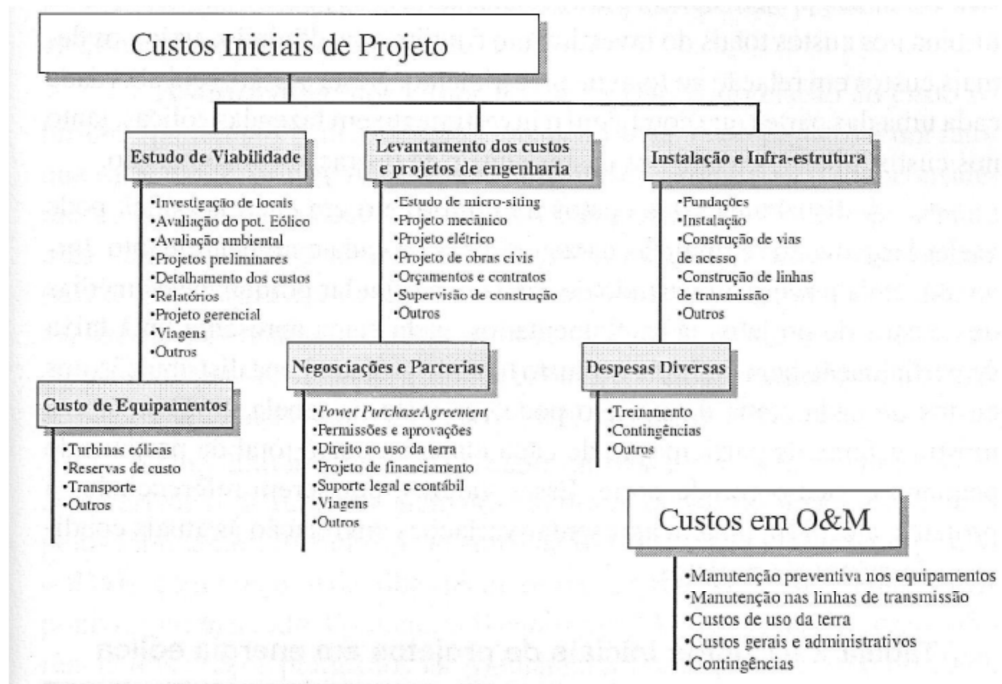


Figura 1 – Etapas do Projeto (CRESESB, 2007)

4 ETAPAS DO ESTUDO

4.1 ESTUDOS PRÉVIOS

4.1.1 Caracterização do local de instalação

O possível local para implantação pode estar localizado no entorno da área descrita na figura 2, próximo a região da empresa Notável Móveis e de fácil acesso a rede elétrica.

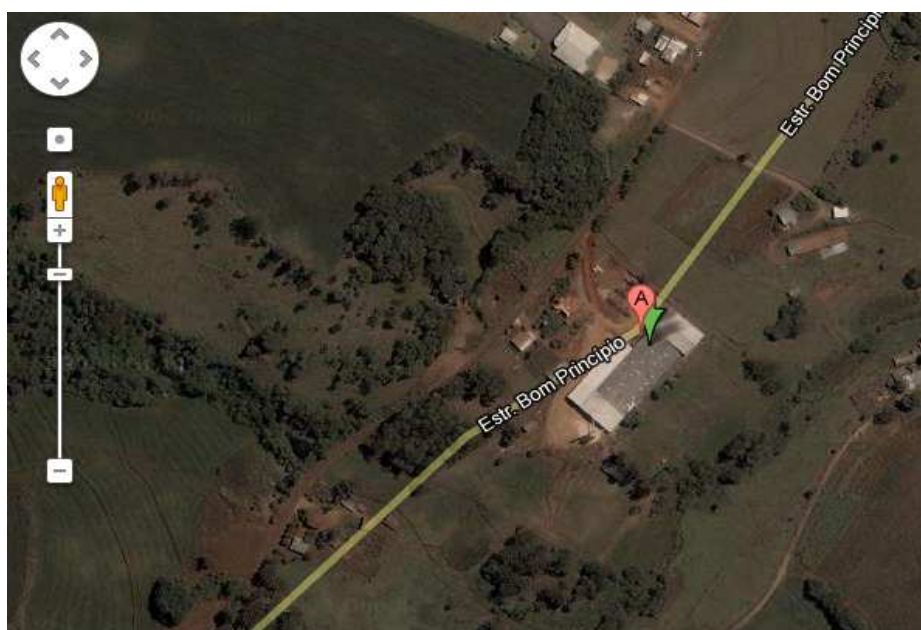


Figura 2 - Localização do Empreendimento



Figura 3- Possível área para implantação.

A figura 4 mostra os parâmetros incluídos no estudo, tais como:

- > Campos de potencial eólico,
- > Densidade de potência;
- > Elevação e inclinação do terreno;
- > Ocupação do solo;
- > Áreas protegidas;
- > Rede elétrica e infraestrutura;

Todos estes parâmetros resultam em um mapa de “Regiões de alto potencial”. Estas regiões são caracterizadas por altas velocidades de vento, ausência de restrições ambientais, boa infra-estrutura e bom acesso à rede elétrica.

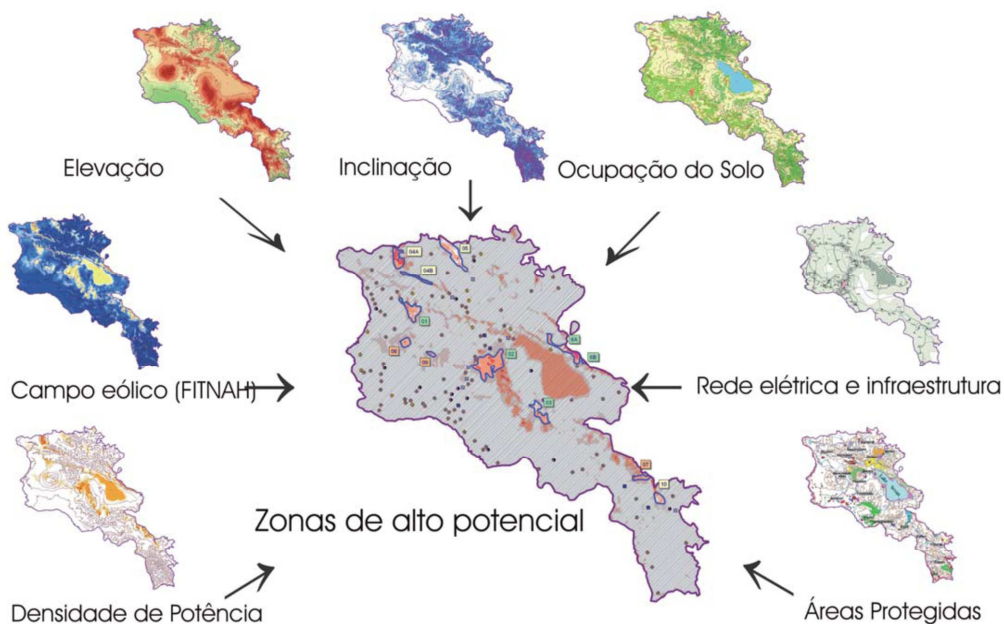


Figura 4- Parâmetros para definição do terreno (ANEEL, 2003)

As áreas de alto potencial, além de serem identificadas, podem também ser classificadas de acordo com critérios escolhidos pelo promotor / planejador. De acordo com a definição dos critérios as áreas são classificadas, por exemplo, pela velocidade média anual do vento na altura do cubo, tamanho da área, distância até o ponto de conexão à rede elétrica.

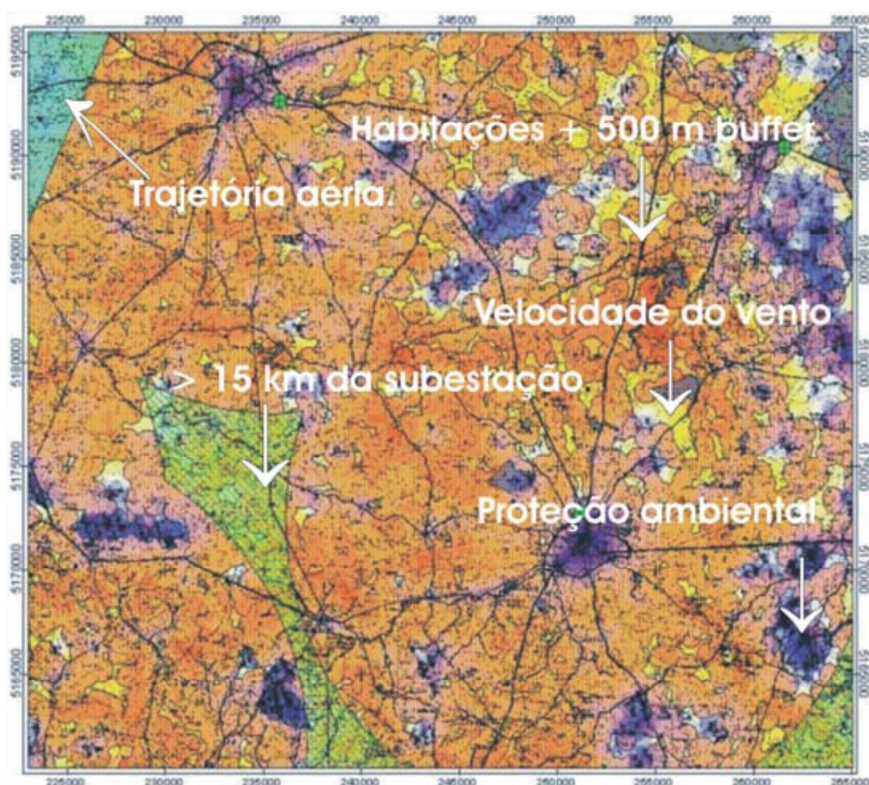


Figura 5 – Características necessárias ao terreno (ANEEL, 2003)

A identificação de locais com alto potencial em uma fase inicial do projeto tem muitas vantagens. O tempo gasto para encontrar os locais ideais é diminuído drasticamente. Pela exclusão de locais sensíveis em relação ao licenciamento, a duração da fase de autorização também é diminuída. Em caso de campanhas de medição, locais com pouco potencial são evitados desde o início, aproveitando-se assim os investimentos da melhor maneira. Todos estes aspectos visam à redução de tempo e custo e – escolhendo-se o melhor local dentro da região de análise – à maximização do rendimento econômico.

O local previamente indicado pela empresa apresenta condições topográficas viáveis para realização do projeto, além de condições básicas como fácil acesso a rede elétrica, área livre de árvores e benfeitorias. Porém, a área escolhida deve atentar a outros requisitos legislativos descritos posteriormente. As comprovações da área escolhida e medições necessárias quanto à topografia poderão ser realizadas através das empresas especializadas descritas no anexo III.

4.1.2 Condições de Vento

Existem locais no globo terrestre nos quais os ventos jamais cessam de “soprar”, pois os mecanismos que os produzem (aquecimento no Equador e resfriamento nos polos) estão sempre presentes na natureza. São chamados de ventos planetários ou constantes e podem ser classificados, segundo CRESESB/CEPEL (2007) como:

- Alísios: ventos que sopram dos trópicos para o Equador, em baixas altitudes.
- Contra-Alísios: ventos que sopram do Equador para os polos, em altas altitudes.
- Ventos do Oeste: ventos que sopram dos trópicos para os polos.
- Polares: ventos frios que sopram dos polos para as zonas temperadas.

Tendo em vista que o eixo da Terra está inclinado de $23^{\circ}45'$ em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol, variações sazonais na distribuição de radiação recebida na superfície da Terra resultam em variações sazonais na intensidade e duração dos ventos, em qualquer local da superfície terrestre. Consequentemente surgem os ventos continentais ou periódicos e compreendem as monções e as brisas (CBEE, 2007).

As monções são ventos periódicos que mudam de direção a cada seis meses aproximadamente. Em geral, as monções sopram em determinada direção em uma estação do ano e em sentido contrário em outra estação (CBEE, 2007).

Em função das diferentes capacidades de refletir, absorver e emitir o calor recebido do Sol, inerentes a cada tipo de superfície (tais como mares e continentes), surgem as brisas, que se caracterizam por serem ventos periódicos que sopram do mar para o continente e vice-versa.

No período diurno, devido à maior capacidade da terra de refletir os raios solares, a temperatura do ar aumenta e, como resultado, forma-se uma corrente de ar que sopra do mar para a terra (brisa marítima). À noite, a temperatura da terra cai mais rapidamente do que a temperatura da água e, assim, ocorre à brisa terrestre que sopra da terra para o mar.

Normalmente, a intensidade da brisa terrestre é menor do que a da brisa marítima devido à menor diferença de temperatura que ocorre no período noturno (CRESESB/ CEPEL, 2007).

Sobreposto ao sistema de geração dos ventos descrito acima, encontram-se os ventos locais, que são originados por outros mecanismos mais específicos. São ventos que sopram em determinadas regiões e são resultantes das condições locais, que os tornam bastante individualizados. A mais conhecida manifestação local dos ventos é observada nos vales e montanhas. Durante o dia, o ar quente nas encostas da montanha se eleva e o ar mais frio desce sobre o vale para substituir o ar que subiu. No período noturno, a direção em que sopram os ventos é novamente revertida e o ar frio das montanhas desce e se acumula nos vales (CRESESB/ CEPEL, 2007).

Para realização deste estudo foram feitas medições dos ventos em 12 pontos distintos na área de interesse nos três períodos do dia por meio de um Anemômetro Digital Portátil Modelo Thal-300. As medições foram realizadas na possível área de implantação, sendo a primeira medição realizada no dia 07/11/2011 por volta das 16:30 hs e a segunda medição as 21:00 hs do mesmo dia. A terceira medição foi realizada as 08:00 hs do dia 08/12/2011. Os dados obtidos estão descritos abaixo:

Medição 1 – Dia 07/11/2011

PONTO	VELOCIDADE (m/s)	HORA
A	1,5	16:40
B	1,2	16:43
C	1,4	16:45
D	1,7	16:47
E	2,4	16:49
F	1,4	16:52
G	2,1	16:54
H	1,6	16:56
I	1,1	16:57
J	1,1	16:59
K	1,3	17:00
L	1,2	17:03

Medição 2 – Dia 07/11/2011

PONTO	VELOCIDADE (m/s)	HORA
A	3,2	21:00
B	3,1	21:02
C	3,2	21:05
D	3,4	21:07
E	2,8	21:09
F	3,7	21:11
G	4,1	21:12
H	4,3	21:15
I	4,7	21:18
J	3,8	21:20
K	3,4	21:24
L	3,2	21:26

Medição 3 – Dia 08/11/2011

PONTO	VELOCIDADE (m/s)	HORA
A	4,7	08:02
B	5,2	08:04
C	5,3	08:07
D	5,2	08:10
E	4,9	08:12
F	5,1	08:14
G	5,2	08:18
H	5	08:21
I	5,3	08:24
J	4,9	08:26
K	5,2	08:30
L	5,1	08:32

Segundo as medições preliminares obtidas, as velocidades do vento ainda se encontram abaixo das velocidades mínimas necessárias ao funcionamento da turbina, que devem se encontrar na faixa mínima de 5 a 7 m/s dependendo do modelo de turbina escolhido. Sendo as aconselháveis velocidades mínimas de 7 a 10 m/s. Porém, as medições foram realizadas em

altura mínima de 2 metros. Caso a empresa opte pela instalação do projeto, a empresa especializada realizará as medições anuais necessárias em altura definida pelo tipo de turbina, apresentando valores distintos e superiores aos listados acima.

Para qualquer fluido em movimento a velocidade do fluxo aumenta à medida em que este se afasta das superfícies que o delimitam. Portanto, a velocidade do vento aumenta com a altura em relação à superfície da Terra de forma dependente da rugosidade do terreno. Em terrenos planos (baixa rugosidade) esta variação é muito menos significativa do que em terrenos irregulares (alta rugosidade), sendo as áreas urbanas classificadas nesta segunda categoria. Por isso, os aerogeradores são geralmente instaladas em torres elevadas, onde as velocidades são significativamente maiores do que na superfície (CRESESB 2010).



Figura 6– Primeira Medição



Figura 7– Segunda Medição

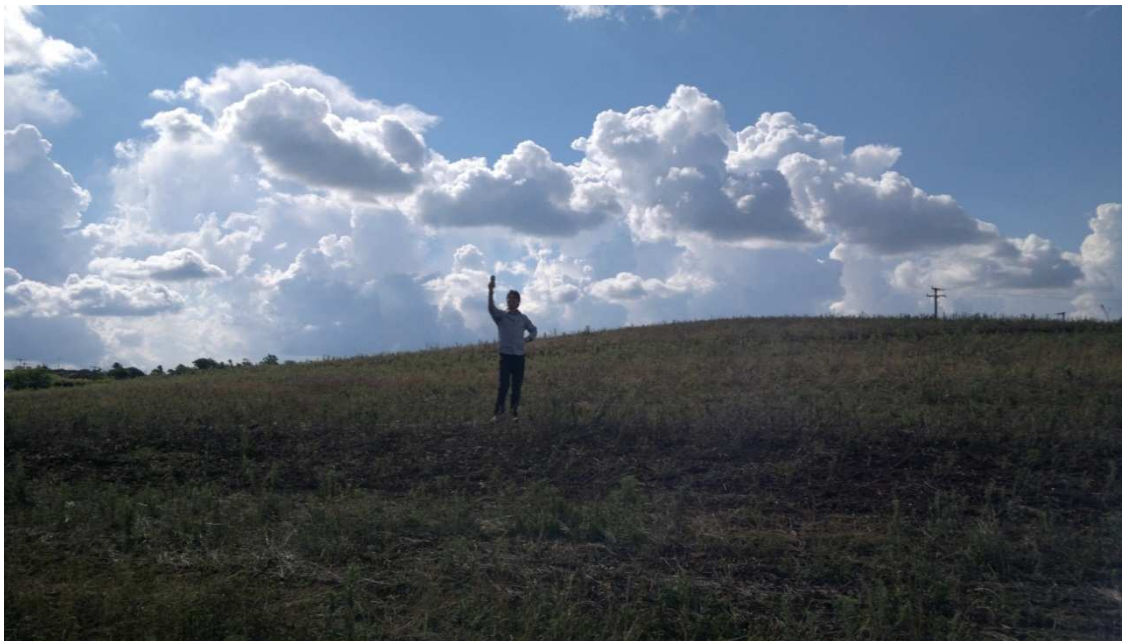


Figura 8 – Terceira Medição

4.1.3 Fontes de financiamento

Atualmente, a principal e mais acessível fonte de financiamento existente para projetos relativos a energias alternativas é oriunda do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES).

No segmento de geração de energias alternativas, o BNDES financia empreendimentos de geração de energia a partir de fontes alternativas, tais como biomassa, eólica e solar, além de pequenas centrais hidrelétricas, visando à diversificação da matriz energética nacional.

As linhas de financiamentos, associadas ao BNDES Finem, apresentam regras específicas de acordo com o Beneficiário, segmento e/ou empreendimento/item apoiado. Poderão ser combinadas diferentes linhas de financiamento a uma mesma operação.

Energias alternativas: Apoio a projetos de bioeletricidade, biodiesel, bioetanol, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras energias alternativas.

O BNDES apoia projetos que visem à diversificação da matriz energética nacional e que contribuam para a sua sustentabilidade por meio da linha Energias Alternativas.

Empreendimentos Apoiáveis:

Projetos de bioeletricidade, biodiesel, bioetanol, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras energias alternativas.

Clientes:

Sociedades com sede e administração no País, de controle nacional ou estrangeiro, e pessoas jurídicas de direito público.

Valor mínimo de financiamento:

R\$ 10 milhões. Para valores inferiores, pode-se consultar as linhas de financiamento do BNDES Automático.

Condições financeiras:

Taxa de juros

Apoio direto (operação feita diretamente com o BNDES)	Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Taxa de Risco de Crédito
Apoio indireto (operação feita por meio de instituição financeira credenciada)	Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES + Taxa de Intermediação Financeira + Remuneração da Instituição Financeira Credenciada

a) Custo Financeiro: TJLP.

Observação: o Custo Financeiro será Cesta para operações com empresas cujo controle seja exercido, direta ou indiretamente, por pessoa física ou jurídica domiciliada no exterior, destinadas a investimentos em setores de atividades econômicas não enumerados pelo Decreto nº 2.233/97.

b) Remuneração Básica do BNDES: 0,9% a.a.

c) Taxa de Risco de Crédito: até 3,57% a.a., conforme o risco de crédito do cliente.

d) Taxa de Intermediação Financeira: 0,5% a.a. somente para grandes empresas; MPMEs estão isentas da taxa.

e) Remuneração da Instituição Financeira Credenciada: negociada entre a instituição financeira credenciada e o cliente.

Participação máxima do BNDES

Projetos de cogeração de energia que utilizem caldeira de biomassa com pressão maior ou igual a 60 bar: 90% dos itens financiáveis.

Demais empreendimentos: 80% dos itens financiáveis.

Observação:

A participação máxima do BNDES poderá ser ampliada em até 10 pontos percentuais, limitada a 90%. O Custo Financeiro da parcela de crédito referente ao aumento de participação será CESTA ou UMIPCA ou TS ou TJ3 ou TJ6.

Prazo de Amortização:

Até 16 anos.

Garantias;

Para apoio direto: definidas na análise da operação.

Para apoio indireto: negociadas entre a instituição financeira credenciada e o cliente.

Encaminhamento:

As solicitações de apoio são encaminhadas ao BNDES pela empresa interessada ou por intermédio da instituição financeira credenciada, por meio de Consulta Prévia, preenchida segundo as orientações do roteiro de informações e enviada ao endereço:

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES
Área de Planejamento - AP
Departamento de Prioridades - DEPRI
Av. República do Chile, 100 - Protocolo - Térreo
20031-917 - Rio de Janeiro – RJ

4.2 AVALIAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL

Camargo (2005) ressalta os impactos ambientais que poderão ocorrer na implantação (construção e operação) de um parque eólico. Segundo o autor, os equipamentos de pequeno porte têm impacto ambiental desprezível. Entretanto, para os parques eólicos estes impactos podem ser classificados em quatro tipos:

- Impactos visuais: O impacto visual de um parque eólico na paisagem é muito subjetivo. Alguns veem a turbina eólica como um símbolo de energia limpa e bem recebida, outros reagem negativamente à nova paisagem.
- Emissão de ruído: Durante a década de oitenta e início da década de noventa, o problema foi um obstáculo à disseminação da energia eólica. O desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, juntamente com as novas exigências de um mercado crescente e promissor, promoveram um avanço significativo na diminuição dos níveis de ruído produzido pelas turbinas eólicas.

- Sombras/reflexos: As pás das turbinas produzem sombras e/ou reflexos móveis que também são indesejáveis nas áreas residenciais. Atualmente os projetos de energia eólica levam em consideração esse fator para que esse problema seja solucionado.
- Impactos sobre a fauna : No início da utilização da aerogeradores não havia se considerado o comportamento migratório de aves, o que resultou em acidente e morte de alguns pássaros. Mas devemos observar que muitas vezes, pássaros colidem com estruturas com as quais têm dificuldade de visualização tais como torres de alta voltagem, mastros e janelas de edifícios. Os pássaros também morrem por vários outros motivos entre eles o tráfego de veículos em auto-estradas e as caçadas. Os novos projetos de energia eólica só são licitados com uma avaliação prévia dos impactos ambientais na região.
- Impactos ambientais no ar, água e solo: Afetação de linhas de água por derrames eventuais de óleos, combustíveis e produtos, aumento de partículas sólidas transportadas pelos cursos d'água devido à escavações, emissão de poeiras e partículas, exposição do solo aos fenômenos erosivos, principalmente devido à falta de sistemas de drenagem, derrames de óleos e combustíveis decorrentes da utilização de máquinas e veículos.
- Impactos socioeconômicos negativos: Eventual danificação de elementos patrimoniais existentes na zona de implantação do parque, incômodo nas situações de proximidade de povoações ao parque eólico devido ao tráfego de veículos, incômodo nas situações de proximidade de povoações ao parque eólico devido ao funcionamento da usina.

Normalmente para projetos que envolvem a instalação de turbinas e torres de grande porte, é necessária contratação de empresa especializada, como por exemplo o próprio SENAI, para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA / RIMA) para detectar possíveis problemas e dificuldades que serão encontradas para a implantação do projeto, ou no caso de não apresentarem danos ao meio ambiente, o EIA servirá como documento de certificação ambiental a ser apresentando ao órgão fiscalizador responsável.

4.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICO FINANCEIRA

Após analisar todas as condições socioambientais do projeto, que irão se confrontar diretamente com as legislações pertinentes, o empresário deverá realizar o estudo dos ventos por meio de uma campanha de medição dos mesmos, como citado anteriormente, visando definir o equipamento adequado para seu projeto.

Tendo escolhido o equipamento, e sabendo os gastos que permearão o projeto, como logística e transporte dos equipamentos até o local escolhido, custos de instalação e pessoal, matérias-primas necessárias e posteriormente os custos com operação e manutenção do projeto, o empresário deverá realizar uma cautelosa análise de investimentos e riscos do projeto, de forma a optar ou não pelo desenvolvimento do projeto e, caso opte, os gastos que envolverão o mesmo, o fluxo de caixa necessário e as diversas alterações financeiras que envolverão o desenvolvimento e implantação do parque eólico.

Na elaboração do orçamento de capital há que se tomar cuidado com superestimação ou subestimação dos fluxos de caixa associados a cada projeto. Se os dirigentes forem muito arrojados trarão riscos adicionais à empresa e ao mesmo tempo poderão trazer grandes prejuízos. Por outro lado, se os dirigentes forem muito conservadores, a empresa poderá ter dificuldades em seu desenvolvimento econômico e financeiro, pois estará deixando de aprovar bons projetos, os quais poderão ser implementados por concorrentes (LEMES, 2009).

Decisões de investimento são essenciais para o sucesso da empresa porque podem assegurar a maximização da riqueza dos acionistas, o encantamento dos clientes e a satisfação dos empregados. A adoção do orçamento de capital ajuda a reduzir os riscos dos projetos (LEMES, 2009).

Desta forma, o empresário precisa estabelecer critérios de alocação de recursos que assegurem a maximização da riqueza do acionista. Se elas não forem eficazes nisto, devem distribuir dividendos aos acionistas ao invés de reterem lucros (ROSS, 2008).

O risco envolvido é alto, o mau dimensionamento de mercado ou de tecnologia pode causar grandes prejuízos à empresa. O financiamento inadequado, a dependência de poucos fornecedores ou de poucos clientes, a má localização, a falta de energia, ou mudanças nas políticas monetárias, cambiais, tributárias, dentre outros, são fatores que devem ser cuidadosamente considerados (ROSS, 2008).

Considerando as informações dadas pelo empresário de que o investimento será por meio de recursos próprios, ou seja, sem usufruir inicialmente de fontes de financiamento e, com isso, livre de taxas de juros, temos o seguinte cenário para a escolha do modelo padrão proposto de turbina eólica aerogeradora de potência de 1 MWh:

Despesa mensal média com energia elétrica: R\$ 100.000,00

Investimento médio de desenvolvimento e implantação de turbina eólica + Investimento médio de construção de subestação para distribuição de energia elétrica gerada + Investimento médio anual para manutenção do sistema eólico: R\$ 3.000.000,00

Devido às dificuldades iniciais e fases de adaptação do projeto, não iremos considerar a possibilidade da venda de energia excedente à concessionária, o que traria uma lucratividade em cima do projeto. Essa situação pode vir a ser viável após algum tempo de uso do sistema, tendo avaliado todas as questões que o permeiam e correção de possíveis pontos críticos para assim poder avançar em mais esta etapa.

Sendo assim o projeto visa inicialmente apenas suprir os gastos atuais com energia elétrica, desta forma teremos o seguinte cenário:

Payback do projeto: 30 meses

4.5 LEGISLAÇÕES PERTINENTES

Para elaboração deste estudo, assim como para projetos de energia eólica em geral, devem ser consideradas as seguintes legislações:

- Lei 11.488 (Potência Injetada; PIA) - Jun/2007
- Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições. Decreto 6048 (Leilão exclusivo para FAR) - Fev/2007

Altera os arts. 11, 19, 27, 34 e 36 do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica.

- Lei 10848 (Geração Distribuída como opção para distribuição de energia) - Mar/2004

Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica.

- Lei 10762 (Alterações no PROINFA e demais incentivos) - Nov/2003

Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, destinado a suprir a insuficiência de recursos decorrente do adiamento da aplicação do mecanismo de compensação de que trata o art. 1º da Medida Provisória nº 2.227, de 4 de setembro de 2001, para os reajustes e revisões tarifárias realizados entre 8 de abril de 2003 e 7 de abril de 2004, por meio de financiamento a ser concedido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES.

- Lei 10438 (Principais incentivos às FAR - PROINFA) - Abr/2002

Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica

- Lei 9991 (Dispõe sobre realização de investimentos em P&D; Isenção FAR) - Jul/2000

Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.

- Lei 9648 (Outros incentivos para PCHs) - Mai/1998

Autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências.

- Decreto 2335 (Constitui a ANEEL) - Out/1997

Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências.

- Lei 9427 (Institui a ANEEL; 1º Incentivo: AHE de PIE de 1-10 MW) - Dez/1996

Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.

- Lei 9074 (Concessão de Serviços de Energia Elétrica) - Jul/1995

Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências.

- Lei 8987 (Concessão de Serviços Públicos) - Fev/1995

Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

- Constituição Federal (art. 175) - Out/1988

Dispõe sobre o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão.

- Manual de Acesso de Geração Distribuída ao Sistema da Copel – Dez/2010

Tem por objetivo fornecer os requisitos para o acesso de geradores de energia elétrica no sistema de distribuição da COPEL para conexões em Baixa Tensão – BT (220/127V), Média Tensão - MT (13,8 – 34,5 kV) e Alta Tensão - AT (69 e 138 kV), excluindo as Demais Instalações da Transmissão – DITs pertencentes às transmissoras.

(Fonte: ANEEL, COPEL 2009)

As principais diretrizes referentes às Legislações acima, estão descritas ao longo do estudo e dizem respeito as questões que devem ser consideradas na etapa pré-projeto, como os estudos e as análises necessárias para implantação do projeto, assim como nas etapas pós projeto como a venda de energia a concessionaria e manutenção do projeto eólico em si.

4.6 ESTRUTURAÇÃO E IMPLANTAÇÃO

4.6.1 Sistemas Eólicos

A energia eólica é medida através de sensores de velocidade e direção do vento, denominados anemômetros, operados por instituições com diferentes objetivos. Em geral, a velocidade do vento é medida em m/s (metros/segundo), podendo ainda ser medida em outras unidades, tais como nós, km/h, etc. O

parâmetro mais importante é a velocidade média do vento, mas é desejável conhecer também a sua distribuição estatística de velocidades.

Tabela de Conversão
km/h x 0,539593 = nó
km/h x 0,27778 = m/s
metro/s x 1,942535 = nó
metro/s x 3,6 = km/h
nó x 1,85325 = km/h
nó x 0,514792 = metro/s

No Brasil, existem inúmeras instituições que coletam dados de vento. Entre elas, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura, o Ministério da Marinha (BNDO/CHM), o Ministério da Aeronáutica (DEPV e INFRAERO), o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), diversas concessionárias de energia elétrica (CEMIG, COELCE, COELBA, COPEL, entre outras), Secretarias de Energia de vários estados, etc

Quanto a constância da energia eólica, na prática, verifica-se que o recurso eólico apresenta variações temporais em várias ordens de grandeza: variações anuais (em função de alterações climáticas), variações sazonais (em função das diferentes estações do ano), variações diárias (causadas pelo microclima local), variações horárias (brisa terrestre e marítima, por exemplo) e variações de curta duração (rajadas). A variação espacial da energia eólica também é muito grande.

Para qualquer fluido em movimento a velocidade do fluxo aumenta à medida em que este se afasta das superfícies que o delimitam. Portanto, a velocidade do vento aumenta com a altura em relação à superfície da Terra de forma dependente da rugosidade do terreno. Em terrenos planos (baixa rugosidade) esta variação é muito menos significativa do que em terrenos irregulares (alta rugosidade), sendo as áreas urbanas classificadas nesta segunda categoria. Por isso, os aerogeradores são geralmente instalados em torres elevadas, onde as velocidades são significativamente maiores do que na superfície.

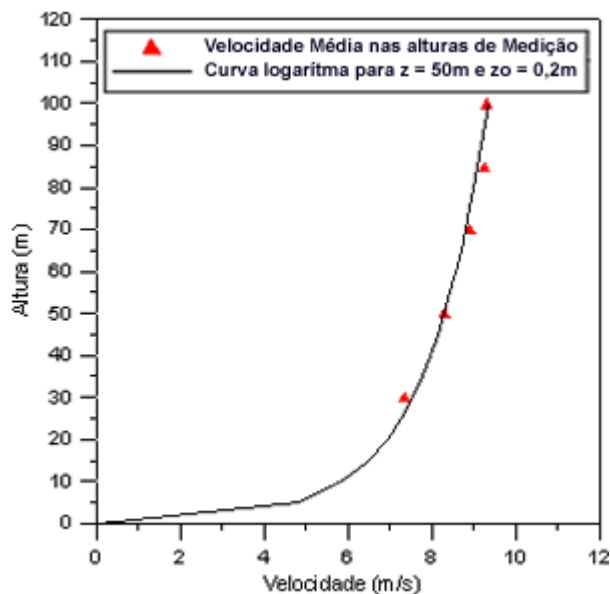


Figura 9 – Variação do Vento x Altura (CRESESB, 2007)

Os aerogeradores são máquinas capazes de transformar a energia cinética dos ventos em energia elétrica. A energia cinética é convertida em energia mecânica rotacional pela turbina eólica. Essa energia mecânica é transmitida pelo eixo através de uma caixa de engrenagens ou diretamente ao gerador, que realiza a conversão eletro-mecânica, produzindo energia elétrica.

A energia elétrica gerada pode ser injetada diretamente na rede elétrica convencional (normalmente aerogeradores de grande porte) ou utilizada em sistemas isolados – eletrificação rural (geralmente aerogeradores de pequeno porte).

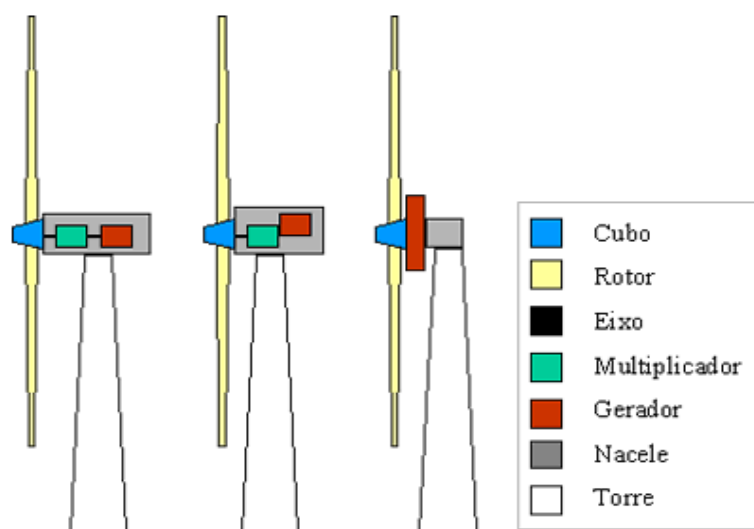


Figura 10– Componentes de um Aerogerador (CRESESB. 2007)

O princípio de funcionamento baseia-se na conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica. Tal processo é resultante do movimento de rotação causada pela incidência do vento nas pás do aerogerador, que converte a energia cinética dos ventos em potência mecânica rotacional no eixo do rotor. Essa potência mecânica é então transmitida ao gerador, que através de um processo de conversão eletro-mecânica, produz uma potência elétrica de saída.

Atualmente as máquinas de grande porte disponíveis são em esmagadora maioria máquinas tripás de eixo horizontal. Contudo, existem inúmeros outros tipos de aerogeradores, tais como as máquinas bipás, monopás, quadripás e multipás de eixo horizontal, além das máquinas Darrieus e Savonius de eixo vertical, bem como diversos outros dispositivos. Estas inúmeras variantes são normalmente utilizadas apenas para máquinas de pequeno porte.

O aerogerador é composto pelos seguintes subconjuntos:

- Rotor - é o componente que efetua a transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação. No rotor são fixadas as pás da turbina. Todo o conjunto é conectado a um eixo que transmite a rotação das pás para o gerador, muitas vezes através de uma caixa multiplicadora;
- Nacele - é o compartimento instalado no alto da torre e que abriga todo o mecanismo do gerador, o qual pode incluir: caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico, sistema hidráulico, etc.
- Torre - é o elemento que sustenta o rotor e a nacele na altura adequada ao funcionamento da turbina eólica. É um item estrutural de grande porte e de elevada contribuição no custo inicial do sistema. Em geral, as torres são fabricadas de metal (treliçada ou tubular) ou de concreto. As torres de aerogeradores de pequeno porte são estaiadas (sustentadas por cabos tensores) enquanto as das turbinas de médio e grande porte são auto-portantes.

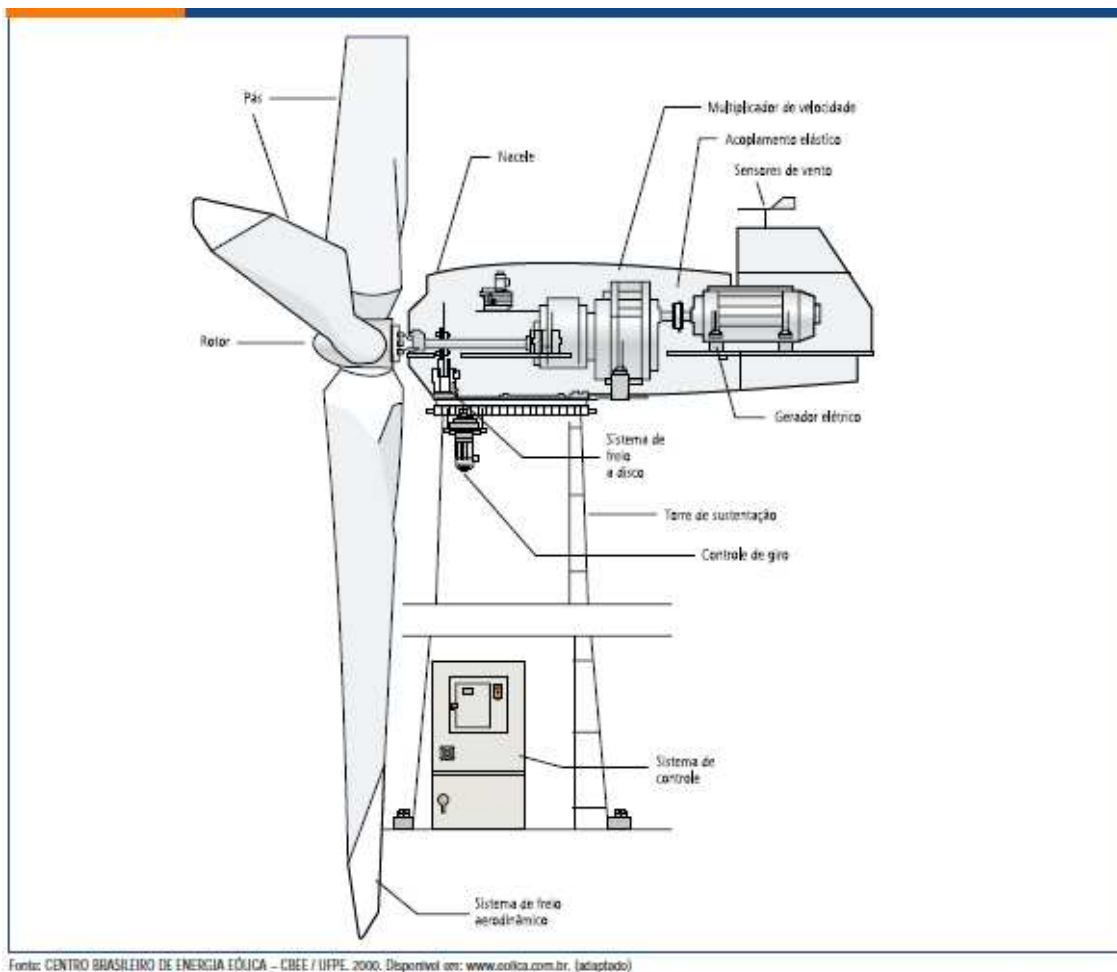


Figura 11– Subconjuntos de um aerogerador

Os equipamentos que compõem um sistema eólico autônomo para geração de energia elétrica são:

- aerogerador – gera energia elétrica a partir da energia cinética dos ventos;
- banco de baterias - composto por uma ou mais baterias, normalmente baterias Chumbo-ácido 12V seladas; funciona como elemento armazenador de energia elétrica para uso durante os períodos de calmaria, quando não há disponibilidade de vento;
- controlador de carga – dispositivo eletrônico que protege as baterias contra sobrecarga ou descarga excessiva;
- inversor – dispositivo eletrônico que converte a energia elétrica em corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), de forma a permitir a utilização de eletrodomésticos convencionais. Alguns sistemas

pequenos não empregam inversor e utilizam cargas (luminárias, TV, etc.) alimentadas diretamente por corrente contínua (CC).

Aqui considera-se que o aerogerador já produz energia em um nível de tensão CC compatível com o do banco de baterias; caso contrário, são ainda necessários outros dispositivos para efetuar a conversão.

Os aerogeradores são normalmente conectados a rede convencional por meio dos seguintes dispositivos:

- Conversor eletrônico de potência – equipamento eletrônico (composto por retificador, inversor, etc.) que converte a energia gerada pela turbina, em geral AC de tensão e frequência variáveis, para níveis adequados à injeção na rede;
- Transformador – equipamento elétrico que aumenta o nível de tensão gerado pelo conversor para a tensão da rede, da ordem de dezenas ou centenas de kV (linha de transmissão).

Os sistemas conectados à rede geralmente não são dotados de armazenamento de energia (baterias), de forma que produzem energia somente quando existe disponibilidade de vento.

De uma forma geral, os sistemas eólicos são bastante duráveis e precisam de pouca manutenção. A vida útil de aerogeradores é estimada em 15 anos. Os dispositivos eletrônicos (inversor, controlador de carga) têm vida útil superior a 10 anos. No caso de sistemas eólicos isolados com armazenamento de energia em baterias, as baterias são consideradas o ponto crítico do sistema, mas quando este é bem projetado elas têm vida útil de 4 a 5 anos.

4.6.2 Modelos e Custos

Os custos associados à instalação de aproveitamentos eólicos dependem fundamentalmente dos custos de instalação e do tipo de tecnologia usada, sendo, por isso, muito variáveis em função das fundações, acessos, transporte,

ligação à rede, número de turbinas, altura do rotor, tipo de gerador, sistema de controle (CASTRO, 2007).

Considerando o grande potencial eólico brasileiro, confirmado através de medidas de vento realizadas recentemente, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidroelétricas (CAMARGO, 2005). Contudo, a EE no Brasil está apenas no início de seu desenvolvimento e muitos outros importantes fatores econômicos ainda não estão muito bem previstos na situação atual, principalmente devido à falta de experiências e por causa de riscos financeiros no país (MOLLY, 2004).

Análises dos recursos eólicos medidos em vários locais mostram a possibilidade de geração elétrica com custos de produção de US\$ 70 a US\$ 80 por MWh (APPIO, 2001). Molly (2004) analisou a viabilidade econômica de centrais de EE no Brasil, incluindo os custos de vários impostos brasileiros, contribuições sociais e taxas. Os resultados obtidos são bem próximos da realidade, apesar de terem sido utilizados custos simplificados, baseados em experiências gerais conquistadas em outros países e informações de projetistas, sem levar em consideração nenhum índice de inflação. Os custos de operação e manutenção foram estimados a R\$ 98 KW.ano-1, onde estão inclusos seguros, manutenção, reposição de peças, reparos, gerenciamento, aluguel de terreno, desmontagem, entre outros. Os custos adotados por Molly (2004) são oriundos de experiências na Alemanha e podem ser mais altos que no Brasil, onde os custos de mão-de-obra são muito mais baixos.

O transporte e distribuição de energia no Brasil têm um custo. As tarifas de transporte TUST (redes nacionais de alta tensão) e TUSD (redes de distribuição) são diferentes para cada estado. A ANEEL diz também que parques eólicos menores que 30 MW deverão pagar apenas metade dos custos de transporte. Observa-se que as diferenças entre as tarifas nos diferentes estados são bem grandes. Essa grande diferença entre o Nordeste e o Sul do Brasil ocorre devido aos grandes recursos eólicos encontrados no Nordeste.

Os custos totais para a instalação de uma turbina eólica ou uma turbina de vento podem variar muito, dependendo do tipo de turbina de custos, contratos de construção, o tipo de máquina, a localização do projeto, e outros fatores. Os componentes do custo de projetos de energia eólica incluem custos

de avaliação de recursos eólicos e local de análise, o preço e o peso da turbina e os custos de construção da torre, que permite a interligação e estudos, atualizações de utilidade, sistema, transformadores, a proteção e o equipamento de medição, seguros, operações, segurança, manutenção e reparação, custos legais e de consultoria. Outros fatores que afetam a economia dos projetos incluem custos de financiamento, o tamanho do seu projeto, e os impostos.

Os custos de implantação de uma central eólica apresentam as seguintes proporções (%) em relação ao investimento por unidade de potência instalada, segundo o Departamento de Energia Norte-americano -USDOE(2003) *apud* Camargo (2005).

Tabela 12 - Custo das partes de um sistema eólico

Partes de um sistema eólico	Percentual do custo unitário
Terreno	0,15
Rotor	17,28
Torre	13,1
Nacele + gerador + CM	39,24
Infra-estrutura	29,5
Controle e segurança	0,73

Fonte:USDOE, 2003 *apud* CAMARGO, 2005.

Figura 12 - Custos percentuais de um sistema eólico

O custo de uma turbina eólica em escala comercial em 2008 foi de US \$ 1,2 milhões para 2,6 milhões dólares por MW de capacidade nominal instalada. A maioria das turbinas em escala comercial, instalados hoje são de 2 MW de tamanho e custo de cerca de US \$ 3,5 milhões para cada unidade instalada. As turbinas eólicas têm economias de escala. funcionamento de turbinas de pequeno custo ou escala geral residencial a menos mas são mais caros por quilowatt de produção de energia. As turbinas de vento abaixo de 100 kilowatts custar cerca de US \$ 3.000 a \$ 5.000 por quilowatt de capacidade. Isso significa que uma máquina de 10 kW pode custar entre US \$ 35.000 e \$ 50.000. (CRESESB, 2010).

Foram realizados diversos contatos com as empresas que realizam a venda a instalação das turbinas aerogeradoras, porém, não nos foi informado um preço preciso do sistema completo juntamente com os valores de instalação e transporte. A justificativa dada pelas empresas quanto ao preço está relacionada a diversas características que envolvem as condições de terreno, alturas das torres, variações dos modelos de turbina e presença de outros equipamentos como geradores elétricos que irão compor o sistema energético final, porém, os preços do MWh instalado estão dentro das faixas descritas no início deste capítulo.

Em análise das condições atuais da empresa Notável Móveis, envolvendo seus gastos atuais de energia e condições preliminares de topografia e intensidade dos ventos, foram cruzadas essas informações no software internacional RetScreen aonde foram possíveis obter modelos de turbinas compatíveis com a condição atual exigida pela empresa. Para isso foram utilizados dados da estação meteorológica mais próxima, situada no município de Dois Vizinhos (PR), onde os dados apresentam alta precisão e são disponibilizados pela NASA. Seguem abaixo as informações quanto a estação de Dois Vizinhos e em seguida os modelos compatíveis:

RETScreen

País - região: Brasil
 Prov. Estado: Paraná
 Localização dos dados climáticos: Dois Vizinhos

Latitude: °N -25,8
 Longitude: °E -53,1
 Fonte: NASA
 Elevação: m 482
 Temperatura para projeto de aquecimento: °C 9,9
 Temperatura para projeto de refrigeração: °C 31,3
 Amplitude da Temperatura do Solo: °C 13,4
 Fonte: NASA

	Temperatura do Ar	Humidade relativa	Radiação solar diária - horizontal	Pressão Atmosférica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Graus-dia mensal p/ aquecimento	Refrigeração graus-dias
	°C	%	KWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Jan	24,8	69,9%	6,14	95,3	2,9	25,3	0	459
Fev	24,2	71,3%	5,62	95,5	2,9	24,5	0	398
Mar	23,5	71,3%	5,13	95,5	2,9	23,7	0	420
Abr	21,5	70,3%	4,14	95,7	3,1	21,3	0	345
Mai	18,4	66,2%	3,43	95,9	3,2	18,0	0	259
Jun	17,3	63,2%	3,00	96,0	3,3	16,6	21	219
Jul	17,2	58,4%	3,35	96,1	3,5	16,7	25	223
Ago	19,5	51,8%	4,06	96,0	3,4	19,5	0	295
Set	21,2	54,3%	4,53	95,8	3,6	21,7	0	335
Out	23,0	58,4%	5,21	95,6	3,4	23,7	0	403
Nov	23,8	60,3%	6,17	95,4	3,3	24,6	0	414
Dez	24,9	62,6%	6,34	95,3	3,1	25,6	0	462
Anual	21,6	63,1%	4,76	95,7	3,2	21,8	46	4.232
Fonte	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA

Medido a: m 10 0

Figura 13 - Dados climáticos estação Dois Vizinhos (PR)

Modelos compatíveis: (Fonte: RETSCREEN, 2011)

RETScreen

Sistema: Eletricidade
 Tecnologia: Turbina eólica

Fabricante: Siemens
 Modelo: AN BONUS 1 MW - 70m

Capacidade por unidade: kw 1.000
 Número de unidades: 1
 Capacidade: kw 1.000

Altura do centro: 70 m
 Diâmetro do rotor por turbina: 54,2 m
 Área de varredura por turbina: 2307,22 m²

Curva de potência

Velocidad e do m/s	Potência kW
0	0,0
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	24,1
5	69,3
6	130,0
7	219,1
8	333,5
9	463,1
10	598,1
11	730,0
12	846,5
13	928,8
14	972,6
15	990,8
16	997,2
17	999,2
18	999,8
19	999,9
20	1000,0
21	1000,0
22	1000,0
23	1000,0
24	1000,0
25	1000,0

RETScreen

Sistema:

Tecnologia:

Fabricante:

Modelo:

Capacidade por unidade: kW

Número de unidades:

Capacidade: kW

Altura do centro: 82 m
 Diâmetro do rotor por turbina: 66 m
 Área de varredura por turbina: 3421,19 m²

Curva de potência

Velocidad e do m/s	Potência kW
0	0,0
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	29,8
5	88,5
6	182,2
7	306,8
8	472,0
9	682,7
10	951,6
11	1260,6
12	1500,0
13	1500,0
14	1500,0
15	1500,0
16	1500,0
17	1500,0
18	1500,0
19	1500,0
20	1500,0
21	1500,0
22	1500,0
23	1500,0
24	1500,0
25	1500,0

RETScreen

Sistema:

Tecnologia:

Fabricante:

Modelo:

Capacidade por unidade: kW

Número de unidades:

Capacidade: kW

Altura do centro: 91,5 m
 Diâmetro do rotor por turbina: 62 m
 Área de varredura por turbina: 3019,07 m²

Curva de potência

Velocidad e do m/s	Potência kW
0	0,0
1	0,0
2	0,0
3	12,0
4	34,0
5	80,0
6	158,0
7	271,0
8	413,0
9	586,0
10	781,0
11	971,0
12	1000,0
13	1000,0
14	1000,0
15	1000,0
16	1000,0
17	940,0
18	840,0
19	750,0
20	650,0
21	560,0
22	475,0
23	390,0
24	
25	

RETScreen

Sistema:

Tecnologia:

Fabricante:

Modelo:

Capacidade por unidade: kW

Número de unidades:

Capacidade: kW

Altura do centro: 120 m
 Diâmetro do rotor por turbina: 60 m
 Área de varredura por turbina: 2827,43 m²

Curva de potência

Velocidad e do m/s	Potência kW
0	0,0
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	25,0
5	78,0
6	150,0
7	234,0
8	381,0
9	557,0
10	752,0
11	926,0
12	1050,0
13	1159,0
14	1249,0
15	1301,0
16	1306,0
17	1292,0
18	1283,0
19	1282,0
20	1288,0
21	1292,0
22	1300,0
23	1313,0
24	1328,0
25	1344,0

Para se obter um prazo determinado para o PayBack do projeto será preciso, primeiramente, a decisão do modelo de turbina aerogeradora, assim como sua potencia e tempo de operação. Porém cruzando os dados no software RetScreen, utilizando os valores em Reais (R\$) respectivos as faturas atuais da empresa Notável Móveis e os possíveis modelos listados acima, assim como o seu consumo atual de energia elétrica, obtêm-se, para uma média padrão, o retorno do investimento num período entre 2 a 2,5 anos com prazo máximo de 3 anos, visto a dificuldades e custos futuros relativos a operação e manutenção do sistema.

4.6 ENERGIA EOLICA NO CONTEXTO BRASILEIRO

Para realização deste estudo foram consideradas as diversas situações meteorológicas e potenciais eólicos do local onde se pretende implantar o sistema eólico.

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da EE.

Para que a EE seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m.s^{-1} (GRUBB; MEYER, 1993 *apud* CAMARGO, 2005). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m.s^{-1} , a uma altura de 50 m.

Abaixo é apresentada uma listagem das parques eólicos em operação no Brasil (Fonte: www.aneel.gov.br, 2007).

Usinas Eólicas em Operação			
Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Município
Eólica de Prainha	10.000	PIE	Aquiraz - CE
Eólica de Taíba	5.000	PIE	São Gonçalo do Amarante - CE
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1.000	SP	Gouveia - MG
Eólio - Elétrica de Palmas	2.500	PIE	Palmas - PR
Eólica de Fernando de Noronha	225	PIE	Fernando de Noronha - PE
Mucuripe	2.400	PIE	Fortaleza - CE
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	PIE	Rio do Fogo - RN
Eólica de Bom Jardim	600	PIE	Bom Jardim da Serra - SC
Eólica Olinda	225	PIE	Olinda - PE
Parque Eólico do Horizonte	4.800	APE-COM	Água Doce - SC
Macau	1.800	APE	Macau - RN
Eólica Água Doce	9.000	PIE	Água Doce - SC
Parque Eólico de Osório	50.000	PIE	Osório - RS
Parque Eólico Sangradouro	50.000	PIE	Osório - RS
Parque Eólico dos Índios	50.000	PIE	Osório - RS
Total: 15 Usina(s)			Potência Total: 236.850 kW

Figura 14 - Usinas Eólicas em Operação no Brasil (ANEEL, 2007)

Para a região Sul do Brasil, no caso a região que corresponde a área de interesse de implantação do parque eólico, apresenta-se a seguinte distribuição dos ventos:

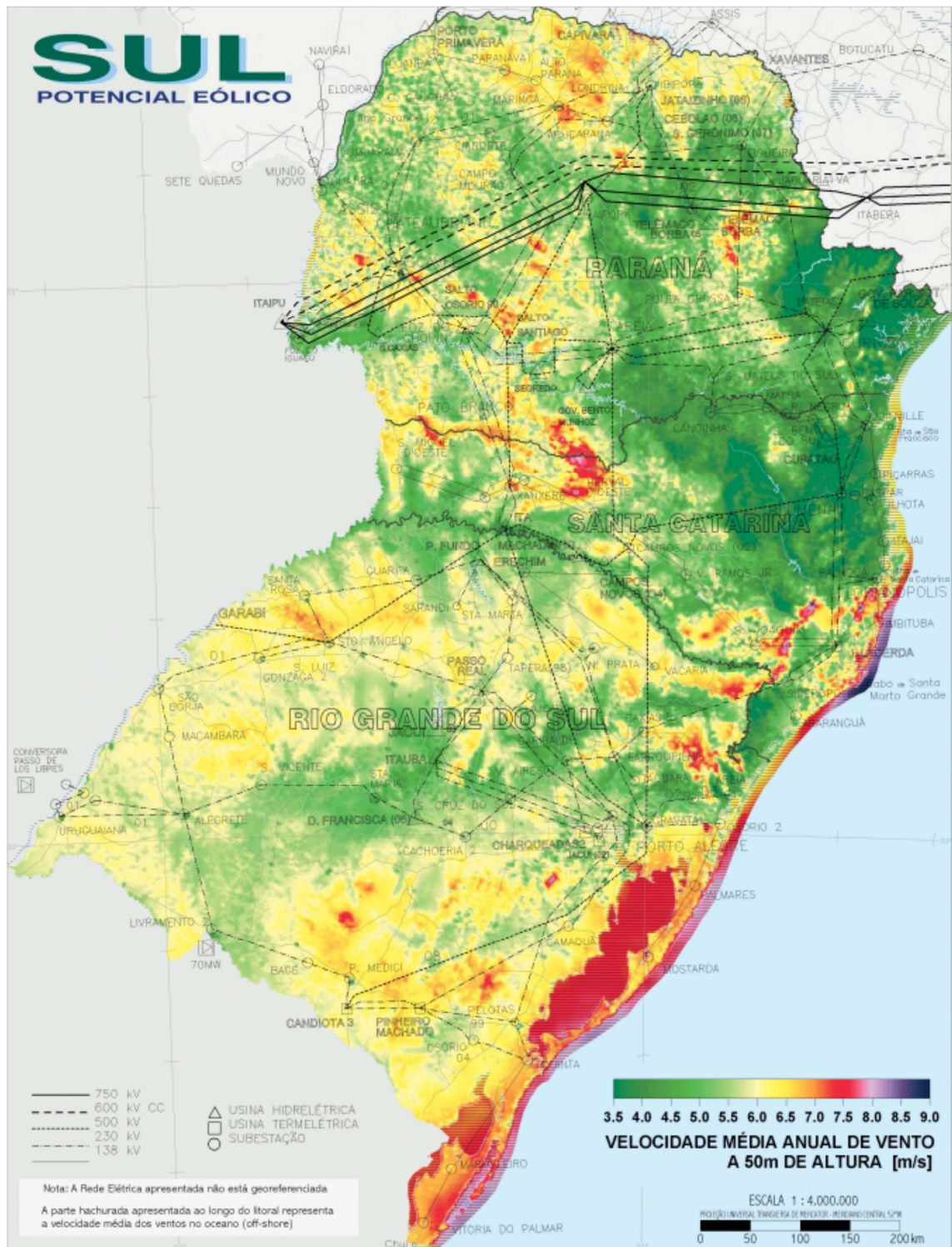


Figura 15 - Potencial Eólico Região Sul do Brasil (CRESESB, 2003)

Para complementar o estudo, entramos em contato diretamente com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) que nos forneceu dados oficiais das médias dos ventos de todas as estações existentes próximas a região de interesse. Os dados são apresentados a seguir:

Castro PR	0,99	0,96	0,95	0,90	0,85	0,90	0,96	1,06	1,09	1,07	1,30	1,36.
Foz do Iguacu PR	1,06	0,96	0,93	1,06	1,02	1,15	1,11	1,25	1,36	1,25	1,25	1,09.
Guaíra PR	2,17	2,13	1,97	1,89	1,86	1,98	2,15	2,22	2,36	2,38	2,28	2,20.
Guarapuava PR	2,16	2,01	2,16	1,97	1,76	2,04	2,52	2,49	2,53	2,56	2,43	2,46.
Irati PR	2,48	2,37	2,20	2,06	1,89	2,09	2,28	2,42	2,64	2,66	2,75	2,69.
Ivaí PR	1,96	1,88	1,92	1,73	1,76	1,67	1,97	2,01	2,16	2,21	2,04	1,99.
Palmas PR	0,96	1,15	1,07	0,99	0,83	0,98	1,17	1,13	1,04	1,10	1,02	1,14.
São Mateus do Sul PR	1,54	1,51	1,40	1,14	1,02	1,19	1,37	1,70	1,81	2,03	1,87	2,06.
Rio Negro PR	2,01	2,00	1,90	1,65	1,48	1,54	1,71	1,84	1,92	2,04	2,16	2,19.

Fonte: (INMET, 2010)

Figura 16 - Dados eólicos estações paranaenses INMET

De forma complementar, o Mapa Eólico completo do Estado do Paraná disponibilizado pela CRESESB, apresenta-se da seguinte forma:

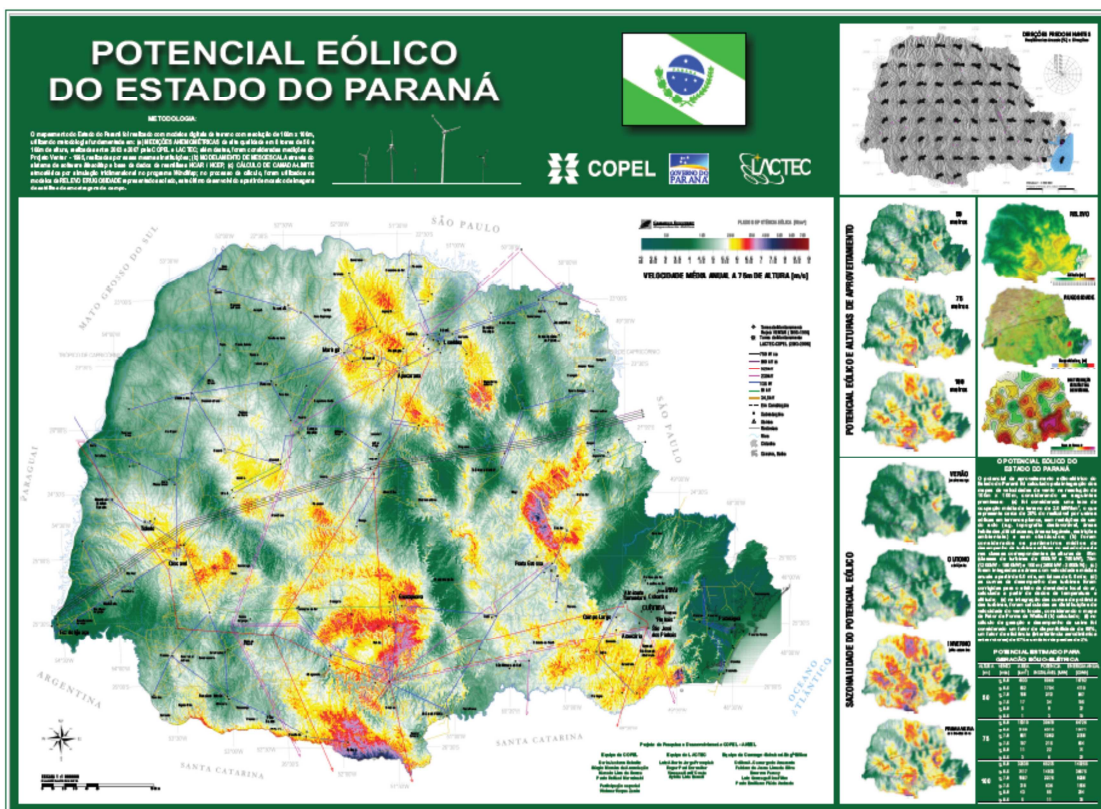


Figura 17 - Potencial Eólico Completo Paraná (COPEL, 2007)

O mapa temático da distribuição dos recursos eólicos sobre o Paraná foi realizado a partir de:

- 1- Medições anemométricas obtidas por rede de 25 anemógrafos digitais, instalados em locais especialmente selecionados dentro do estado (Copel/DEC/ICDE - Projeto Ventar, 1995-1998)
- 2- Ajustes climatológicos: correlação e ajuste dos dados medidos, em relação às médias climatológicas de longo prazo (15 anos) registradas pelas estações da rede meteorológica do Iapar
- 3- Extrapolação para o território paranaense: realizada por software (WAsP e WindMap), a partir da superposição dos seguintes modelos geográficos do Paraná - Modelo Digital de Relevo elaborado a partir do banco de dados topográficos do Cehapar-Copel/UFPR; - Modelo Digital de Rugosidade elaborado pela associação de parâmetros de rugosidade às diversas classes de cobertura vegetal indicadas no mapa do Uso do solo

do Paraná(Sema/Liserp) - Base Cartográfica fornecida pela Sema/Liserp e Sanepar; O mapa temático resultante foi realizado originalmente na resolução de 2 x 2 km (área mínima de representatividade), e apresenta as condições médias previstas para 50 metros de altura.



Figura 18 - Modelo Digital do Relevo do PR

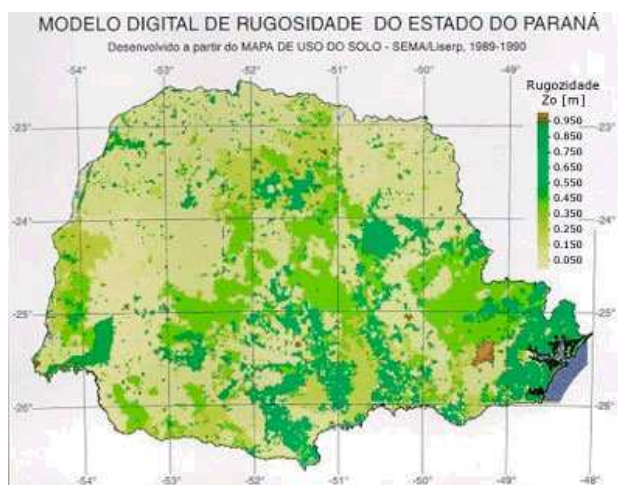


Figura 19 - Modelo Digital de Rugosidade do PR

5 CONCLUSÕES

A partir deste estudo preliminar, podemos obter conclusões nos diferentes âmbitos abordados. Após a leitura e interpretação desse estudo, caso o proprietário da empresa Notável Móveis opte pela realização do projeto, deverá, primeiramente, procurar uma das empresas especializadas, que podem ser consultadas no Anexo I, para que realize todas as medições anuais relativas às questões eólicas e topográficas, bem como o atendimento às legislações para assim obter as autorizações necessárias dos órgãos pertinentes. De forma geral, as maiores dificuldades encontradas pelo responsável serão a análise das condições iniciais, tanto da parte técnica quanto aos quesitos legais exigidos pelos órgãos regulamentadores destes tipos de projeto. Porém, essas questões poderão ser facilmente solucionadas por uma empresa especializada.

Nos quesitos que tangem as responsabilidades ambientais, o responsável deverá atentar as exigências impostas pelo IAP. Devido a existência de muitas residências nas proximidades do suposto local de implantação, provavelmente as turbinas irão interferir diretamente no funcionamento de aparelhos eletrônicos, bem como celulares e outros meios de comunicação. Deve-se atentar também para as questões de ruídos que serão emitidos pela turbina e que podem vir a afetar a população vizinha. Porém, se o proprietário optar em realizar o projeto, a empresa especializada poderá indicar outro local, caso exista, que apresente condições mais propícias, bem como sanar ou minimizar os danos causados, podendo vir inclusive a implantar no local desejado.

Quanto aos quesitos econômicos e financeiros, que serão os fatores determinantes para a decisão do investimento, creio que o projeto é rentável, visto que o mesmo se pagará em um intervalo curto de tempo, resolvendo a questão dos gastos de alto valor com energia elétrica, bem como irá trazer uma visão moderna e diferenciada a empresa, além de princípios de sustentabilidade nos processos de geração de energia elétrica. Após o primeiro ano de implantação do projeto, o proprietário ainda poderá estudar a venda da energia excedente gerada a concessionária, obtendo lucros relevantes a empresa.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, O.A.C. e SCHULTZ, D.J. Informativo: CRESESB INFORMA: projeto VENTAR. **O mapa do Potencial Eólico do Paraná.** Disponível em: www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Info6/

ANEEL (2002) Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil.** Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf

AAP - Agência Ambiental Pick-upau. **Energia Eólica.** Disponível em: http://www.pickupau.org.br/mundo/eolica_energia/eolica_energia.htm

APPIO, A. J. **Energia Eólica Evolução e Perspectivas no Brasil.** Canoas, 2001. Disponível em: <http://br.geocities.com/aljappio/images/energiaeolica.htm>

ARGENTA, A. J. **Contribuição da Usina Eólico-Elétrica de Palmas – Pr para o desenvolvimento energético alternativo do estado do Paraná.** Dissertação de Mestrado. Faculdades Reunidas de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas de Palmas – PR. Palmas, 2000.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio para o desenvolvimento sustentável.** 2ª Ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2005.

CAMARGO, A.S.G. **Análise da operação das Usinas Eólicas de Camelinho e Palmas e avaliação do potencial eólico de localidades no Paraná.** Dissertação de mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. Curitiba, 2005.

CASTRO, R. M.G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada. Introdução à energia eólica.** Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico. 86f. Portugal, 2007.

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica. Disponível em:
<http://www.eolica.org.br>

CERPCH, Centro Nacional de Referências em Pequenas Centrais Hidrelétricas. **Eólica.** Disponível em:
http://www.cerpch.unifei.edu.br/fontes_renovaveis/eolica.htm

COPEL. Companhia Paranaense de Energia Elétrica. Disponível em:
http://www.copelsolucoes.com/info_adicionais/eolica.htm#.

COSTA, V.S. e CASAGRANDE JR.E.F. **Energia e sustentabilidade: proposta de um gerador eólico de baixo custo para comunidades remotas.** PPGTE/CEFET – PR Curitiba, 2002.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas de Espaciais **Escala de Beaufort.** Disponível em:
http://www.cptec.inpe.br/prod_antartica/biblia/beaufstab.doc

CRESESB/CEPEL. **Energia Eólica – Princípios e Aplicações.** Disponível em:
<http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/eolica/>.

CRESESB.(a) Centro de Referências para Energia Solar e Eólica Sergio Brito. **Energia Eólica.** Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/solar/>.

CRESESB.(b) Cresesb informa. Potencial Eólico do Paraná. **PROJETO VENTAR.** Disponível em:
http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Info6_pag8-9.PDF

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Disponível em
<http://www.eletrobras.gov.br/>

GONÇALVES, S.P. et al. **Efeito estufa, suas causas e medidas para amenizar suas conseqüências.** São Paulo, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

LEMES JR., Antônio B. *Estratégias financeiras de empresas*. Curso de MBA – Organizações. Curitiba: CEPPAD, 2009.

MOLLY, J.P. **Viabilidade Econômica de Centrais de Energia Eólica no Brasil**. DEWI Magazin Nr. 25, DEWI Wilhelmshaven, 2004.

O.M.M – Organização Mundial de Meteorologia. Disponível em: <http://www.smg.gov.mo/wwis/wmo.htm#>

ROSS, Stephen A., WESTERFIELD, Randolph and JORDAN, Bradford D. *Administração financeira*. 8a. ed. São Paulo. McGraw-Hill. 2008.

UFPR - Universidade Federal do Paraná. Departamento de Física. **Anemógrafo**. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap7/Image575.jpg>

USP. Universidade de São Paulo. **Energia Eólica**. Disponível em: www.pea.usp.br/ext/pea2420/ENERGIAEOLICA_2.doc

VIAL e AIDAR. Ouvidoria de Agência, 1999. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Audiencia_Publica/audiencia_proton/1999/ap002/aneel_3.rtf

VIANNA, J. N. S. **Energia e Meio Ambiente**. Cap. 3.2 – Eólica, Geotérmica, Ondas e Marés. Programa de Pós-Graduação. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília-CDS/UnB, 2007.

ANEXO I

Abaixo seguem os contatos de empresas atuantes no setor de energia eólica no estado do Paraná.

<p><u>BRASEÓLICA INDÚSTRIAS MECÂNICAS LTDA. (BRASEÓLICA)</u> <u>HIDRO METALÚRGICA ZM LTDA.</u></p> <p>"Joint Venture" com empresa canadense "Sambrabec Inc.", destinada exclusivamente à fabricação de aerogeradores.</p> <p>Tipo de Instituição: Energia Eólica Area de Atuação: Fabricante e Representante Contato: Carlos Walter Martins Pedro - Diretor E-mail: walter@zbombas.com.br Rua Pioneiro Paschoal Lourenceti, 733 - Parque Industrial II /Cx: 371 87065-210 - Maringá - PR Tel: (44) 3028-0200 Fax: (44) 3028-3700 E-mail: zbombas@zbombas.com Website: http://www.zbombas.com</p>
<p><u>CAMARGO SCHUBERT ENGENHARIA EÓLICA LTDA.</u></p> <p>Empresa privada de consultoria em Energia Eólica.</p> <p>Tipo de Instituição: Aerodinâmica de Rotor; Energia Eólica; Sistemas Híbridos; Usinas Eólicas Area de Atuação: Consultor Contato: Odilon A. Camargo do Amarante - Diretor Rua Juvenal Galeno, 55 - Jardim Social 82520-030 - Curitiba - PR Tel: (41) 3363-5707 Fax: (41) 3362-0054 E-mail: ventar@terra.com.br Website: http://www.camargo-schubert.com</p>
<p><u>COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL)</u></p> <p>A COPEL GERAÇÃO é a Concessionária de Geração de Energia do Paraná cuja missão é atuar de forma rentável na área de energia satisfazendo com qualidade, às necessidades de seus clientes e contribuindo para o desenvolvimento econômico, tecnológico e social do Paraná.</p> <p>Tipo de Instituição: Eletrificação Rural; Energia Alternativa; Energia Eólica; Energia Solar; Usinas Hidrelétricas (UHE); Usinas Termelétricas (UTE) Area de Atuação: Concessionária de Energia Contato: Wilson Tadeu Pizzatto - Engenheiro de Planejamento energético Tel: (41)3331-2975 E-mail: pizzatto@copel.com Dario Jackson Schultz - Engenheiro Tel: (41) 3331-2992 E-mail: dario@copel.com Rua José Izidoro Biazezo, 158 - Mossunguê 81200-240 - Curitiba - PR Website: http://www.copel.com</p>