

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MICROGERAÇÃO EÓLICA CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM UMA PROPRIEDADE RURAL

por

Eduardo Rieger Hiller

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, dezembro de 2012.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE
MICROGERAÇÃO EÓLICA CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM UMA PROPRIEDADE RURAL

por

Eduardo Rieger Hiller

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Arnaldo Ruben Gonzalez
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Energia e Fenômenos de Transporte

Orientador: Prof.^a Dr.^a Adriane Prisco Petry

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Paulo Otto Beyer

Prof. Dr. Bardo Ernst Josef Bodmann

Prof. Dr. Sérgio Luiz Frey

Porto Alegre, 10 de dezembro de 2012.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Milena pelo suporte e compreensão durante o período da graduação.

A toda minha família pelo apoio.

Ao meu irmão Guilherme pela parceria.

A todos os meus amigos.

A minha namorada Thaís pela compreensão, apoio e ajuda.

A Professora Orientadora Dra. Adriane pelo auxílio na realização deste trabalho.

HILLER, E. R. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de instalação um sistema de microgeração eólica conectado à rede elétrica em uma propriedade rural**. 2012. 25 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RESUMO

A preocupação com os impactos ambientais causados pela produção de energia em larga escala e o crescente aumento do consumo tem levado o governo brasileiro a incentivar o uso de fontes de energia renováveis e de forma descentralizada em pequena escala, a chamada microgeração distribuída. Recentemente criada, a regulamentação para a microgeração por fontes incentivadas prevê um sistema de compensação para sistemas conectados à rede elétrica local. Este sistema permite que a energia produzida em excedente seja “injetada” na rede e disponibilizada ao consumidor local, gerando créditos energéticos ao produtor. Com base nesse sistema é realizado um estudo de viabilidade técnico-econômica da instalação de um sistema de microgeração eólica em uma propriedade rural.

Através da simulação da energia produzida por diversas alternativas de aerogeradores, visando atender a demanda de energia anual da propriedade rural e da análise do retorno financeiro obtido com o investimento na instalação do sistema, verifica-se que com os recentes incentivos e o sistema de compensação adotado, a instalação de sistemas eólicos de microgeração para o caso estudado ainda não é viável economicamente. Isso se deve principalmente ao fato de que no país não existem fabricantes de aerogeradores de médio porte, o que encarece o investimento inicial do projeto. Além disto, as máquinas encontradas em faixas de potência condizentes com o consumo da propriedade e menores custos apresentaram baixo fator de capacidade, o que contribuiu para o aumento do custo da energia produzida.

PALAVRAS-CHAVE: (Energia eólica, Aerogerador, Microgeração distribuída)

HILLER, E. R. **Technical and economic feasibility study for installation of a wind microgeneration system connected to the grid on a farm.** 2012. 25 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ABSTRACT

The concern with environmental impacts caused by large scale energy production and an increasing consumption has led the Brazilian government to promote the use of renewable energy sources and decentralized small-scale energy generation, called distributed microgeneration. The lately created regulations for microgeneration by promoted sources provide a compensation system for connected systems of the local power grid. This system allows the energy produced in excess to be "injected" in the grid available to consumers on the local power grid, generating producer credits. Based on this system a technical and economic feasibility study of installing a microgeneration system on a farm is realized.

Through simulation of the energy produced by wind turbines of various alternatives, aiming to meet the annual energy demand of rural property and from financial return analysis on investment in system installation, we verified that with the recent incentives and the compensation system adopted for the installation of microgeneration wind systems in Brazil is not yet economically viable. This is mainly due to the fact that in the country there are no manufacturers of midrange wind turbines, which increases the project. Moreover, the machines found in power ranges consistent with the farm consumption and lower costs, are presented low capacity factor which contributed to the rising cost of the energy produced.

KEYWORDS: (Wind Energy, Wind Energy Converter, Distributed Microgeneration)

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	FUNDAMENTOS DA ENERGIA EÓLICA.....	1
2.1	Mecanismos de formação dos ventos.....	1
2.2	Comportamento do vento.....	2
2.2.1	Camada limite atmosférica.....	2
2.2.2	Rugosidade.....	2
2.2.3	Tratamento estatístico da velocidade do vento.....	3
2.3	Potência disponível no vento.....	4
2.4	Energia produzida.....	4
2.5	Fator de capacidade	4
2.6	Curvas de potência dos aerogeradores	5
2.7	Microgeração distribuída.....	5
2.7.1	Sistema de compensação de energia.....	5
3.	METODOLOGIA	6
3.1	Viabilidade técnica.....	6
3.1.1	Potencial eólico de Rosário do Sul.....	6
3.1.2	Previsão de energia produzida.....	9
3.1.3	Seleção dos aerogeradores.....	9
3.4	Viabilidade econômica	10
3.4.1	Receita do projeto.....	10
3.4.2	Custo da energia fornecida pela distribuidora.....	11
3.4.3	Custo do equipamento e instalações.....	11
3.4.4	Condições de financiamento.....	11
3.4.5	Análise do retorno financeiro.....	11
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.	CONCLUSÕES	14
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
	Apêndice A.....	16
	Apêndice B.....	19
	Apêndice C.....	20

1. INTRODUÇÃO

Preocupado com os impactos ambientais trazidos por grandes usinas, tanto hidrelétricas com termelétricas, e com a crescente demanda de energia elétrica no país o governo brasileiro tem incentivado o aumento da participação das fontes de energia renováveis como forma de diversificar a matriz energética do país e garantir a segurança do sistema de fornecimento. Contudo, em muitos casos o custo elevado da implantação de sistemas baseados em fontes renováveis em comparação aos sistemas tradicionais ainda é um fator que dificulta a participação efetiva dessas fontes na matriz energética.

A microgeração distribuída de energia elétrica, ou seja, a produção de energia próxima ao consumidor ou pelo próprio com uma capacidade instalada de até 100 kW, torna-se um aliado nesse sentido. Pois diminui o consumo de energia vinda do sistema nacional, aumentando a disponibilidade de energia para outros consumidores. A recente resolução normativa 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regula a microgeração no país e traz o sistema de compensação como mecanismo de incentivo a esse tipo de produção de energia.

A energia eólica é considerada uma fonte de energia renovável, limpa e com um baixo impacto ambiental. E com o equipamento adequado e as novas tecnologias, pode ser aproveitada nessa atual conjuntura desde que o investimento na microgeração se torne atrativo para os consumidores de energia.

Assim, no decorrer deste trabalho será realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica de instalação de um sistema de microgeração eólica ligado na rede elétrica em uma propriedade rural de médio porte, produtora de arroz, no sul do estado do Rio Grande do Sul, com a finalidade de se verificar os reais benefícios do sistema adotado pela nova regulamentação.

2. FUNDAMENTOS DA ENERGIA EÓLICA

Os ventos nada mais são do que as massas de ar em movimento. A energia cinética presente nas massas de ar em movimento é chamada de energia eólica.

2.1 Mecanismos de formação dos ventos

Os ventos globais são originados pela rotação do planeta Terra e principalmente pelo aquecimento irregular do globo terrestre causado pela incidência desigual da radiação solar o que promove um aquecimento também desigual do ar atmosférico. O aquecimento desigual provoca variações da temperatura e pressão do ar e assim da sua massa específica, gerando deslocamentos convectivos das massas de ar. Assim, os ventos podem ser considerados uma fonte renovável de energia, pois nunca cessam.

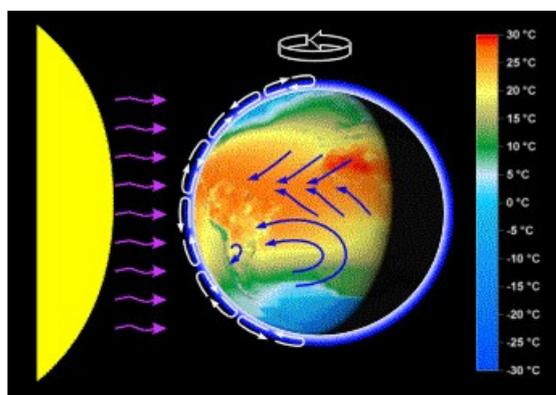


Figura 2.1 – Esquema dos mecanismos de formação do vento (Amarante, Silva, 2002)

2.2 Comportamento do Vento

Os ventos apresentam um comportamento de difícil previsão, pois inúmeros fatores locais atuam influenciando o seu comportamento. No entanto o seu comportamento estatístico ao longo de um período pode ser definido se conhecida a variação da velocidade no tempo e no espaço. Dentre os principais fatores que influenciam no comportamento dos ventos estão a variação da velocidade com a altura e perfil do vento, a rugosidade do terreno, a presença de obstáculos nas vizinhanças e o relevo (SÁ et. al. 2001).

2.2.1 Camada Limite Atmosférica

A variação da velocidade do vento com a altura é uma consequência da ação da viscosidade a qual dá origem ao desenvolvimento da Camada Limite Atmosférica - C.L.A. Trata-se do perfil da velocidade do vento obtido entre o vento perturbado pela rugosidade do terreno (turbulento) e pelo fluxo de calor na atmosfera e o vento não perturbado (Geostrófico) (Hirata; Araujo, 2000). Conforme pode ser observado na figura 2.2.

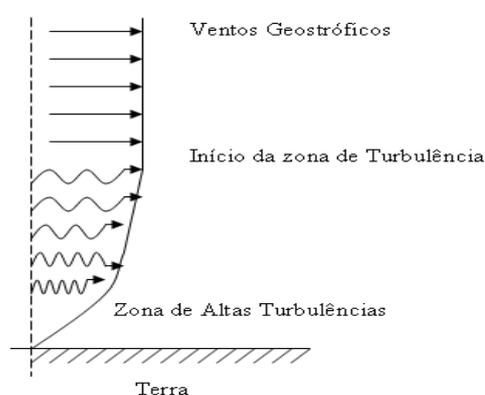


Figura 2.2 - Caracterização da camada limite atmosférica (Twele; Gasch, 2002).

A altura da camada limite depende das propriedades do fluido, da maneira como as partículas de ar se movimentam, da distribuição espacial da rugosidade da superfície, da estratificação térmica do ar e da orografia do terreno (Hirata; Araujo, 2000). A velocidade na camada limite atmosférica é determinada pela equação 2.1:

$$V(z) = \frac{U_*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (2.1)$$

onde $V(z)$ é a velocidade na altura z , z_0 é o comprimento de rugosidade, k é a constante de Von Kármán (aproximadamente igual a 0,4) e U_* é a velocidade de fricção.

2.2.2 Rugosidade

A rugosidade de uma superfície de uma determinada área é determinada pelo tamanho e distribuição das partes que contém vegetação, áreas construídas e superfície do solo (Mattuella, 2005). A rugosidade de um terreno é normalmente parametrizada pela escala de comprimento chamada de comprimento de rugosidade z_0 , não igual a zero (Loredó-Sousa, 2002). O comprimento de rugosidade pode ser obtido na literatura específica como uma aproximação para diversos tipos de terreno, como ilustra a figura 2.3.

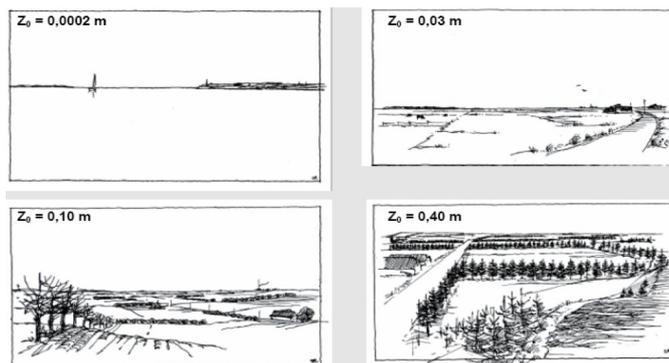


Figura 2.3 – Comprimento de rugosidade para diferentes terrenos (Troen, Petersen, 1989).

2.2.3 Tratamento estatístico da velocidade do vento

Devido à complexidade e ao caráter extremamente variável da velocidade do vento e sua direção em uma dada região, estes recebem um tratamento estatístico. Ou seja, são medidos por longos períodos de tempo e em seguida classificados dando origem a uma curva de distribuição de frequência.

Do tratamento dos dados são obtidos parâmetros como a velocidade média e o seu desvio padrão, importantes para a definição do regime de ventos e em consequência, do potencial eólico de um dado local. As funções distribuição de frequência geralmente empregadas para estudo de ventos são a função de Rayleigh ou a função de Weibull (Custódio, 2002).

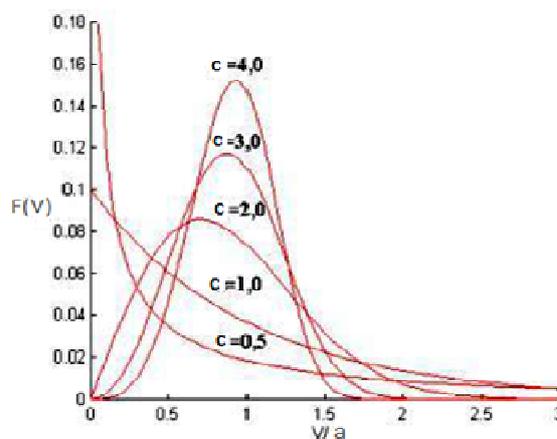


Figura 2.4 – Curvas de distribuição de Weibull.

A distribuição de Weibull é uma generalização da distribuição de Rayleigh. Ela contém o fator forma c e o fator de escala a , permitindo um ajuste de curva mais refinado para diferentes características de vento e pode ser usada para adaptar a distribuição para condições que não são suficientemente aproximadas pela distribuição de Rayleigh, levando em conta o desvio padrão dos dados coletados (Petry, 2007). Ela obedece à seguinte equação:

$$F(V) = \frac{c}{a} \left(\frac{V}{a}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{V}{a}\right)^c} \quad (2.2)$$

onde os parâmetros c e a representam respectivamente o fator de forma da distribuição dos ventos (adimensional) e o fator de escala (dado em m/s). O primeiro define a forma da distribuição e está relacionado com o desvio padrão, já o segundo, define a escala da distribuição e está relacionado diretamente com a velocidade média (Petry, 2007).

2.3 Potência disponível no vento

A potência disponível no vento, assim como a energia cinética, é função da velocidade, da massa específica e da área da secção transversal ao escoamento do ar, sendo definida pela equação 2.3

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.3)$$

onde P é a potência disponível no vento, ρ é a massa específica do ar, A é a área da secção transversal ao escoamento e v é a velocidade da corrente de ar. A máxima potência que pode ser extraída do vento por uma turbina eólica é limitada pela velocidade da corrente de ar à jusante do rotor que não pode ser inferior a 1/3 da velocidade incidente (Custódio, 2002). A potência máxima que pode ser extraída do vento em condições ideais é representada por

$$P_{\text{máx}} = \frac{16}{27} P \quad (2.4)$$

onde $P_{\text{máx}}$ é a potência máxima e equivale a 59,3% da potência disponível. Esse valor é conhecido como coeficiente de Betz. Ainda assim, uma turbina em condições reais será capaz de extrair somente parte desse máximo devido às perdas aerodinâmicas na conversão da energia eólica. A relação entre a potência possível de se extrair da corrente de ar e a potência disponível na mesma é chamada de coeficiente de potência. O coeficiente de potência C_p é dado por

$$C_p = \frac{P_E}{\frac{1}{2} \rho A v^3} \quad (2.5)$$

onde P_E é a potência possível de ser extraída pela turbina eólica. O valor máximo teórico do coeficiente de potência é conhecido como Limite de Betz e é igual a 59,3%.

2.4 Energia produzida

A energia produzida por um aerogerador em determinado período é obtida através da integração da potência no tempo desejado, dada pela equação 2.6 (Custódio, 2002).

$$E = \int_t P(v(t)) dt \quad (2.6)$$

onde E representa a energia produzida e P a potência em função da velocidade do vento.

2.5 Fator de capacidade

O fator de capacidade de um aerogerador é a razão entre a energia produzida em um determinado período e aquela produzida caso ele estivesse operando em sua capacidade nominal no mesmo período, conforme a equação 2.7

$$FC = \frac{E_g}{E_n} \quad (2.7)$$

onde E_g representa a energia produzida e E_n a energia produzida em potência nominal.

2.6 Curvas de potência dos aerogeradores

Denominamos curva de potência de uma turbina eólica ao gráfico que expressa o comportamento da turbina eólica em relação à velocidade do vento. Ele indica o valor da potência gerada por uma determinada turbina, em diferentes velocidades de vento.

Existem dois diferentes princípios de controle aerodinâmico para limitar a extração de potência à potência nominal do aerogerador. Sem eles, em situações de ventos extremos poderia haver uma sobrecarga elétrica no sistema de transmissão. São chamados de controle estol (stall) e controle de passo (pitch). Aerogeradores com controle tipo “Stall” são máquinas em que a velocidade do rotor do aerogerador é controlada pela eficiência do aerofólio das pás do mesmo. Aerogeradores com controle tipo “Pitch” são máquinas em que a velocidade do rotor do aerogerador é controlada mediante giro das pás no seu eixo longitudinal, este giro sendo ativado mediante sistema eletrônico de controle (Petry, 2007).

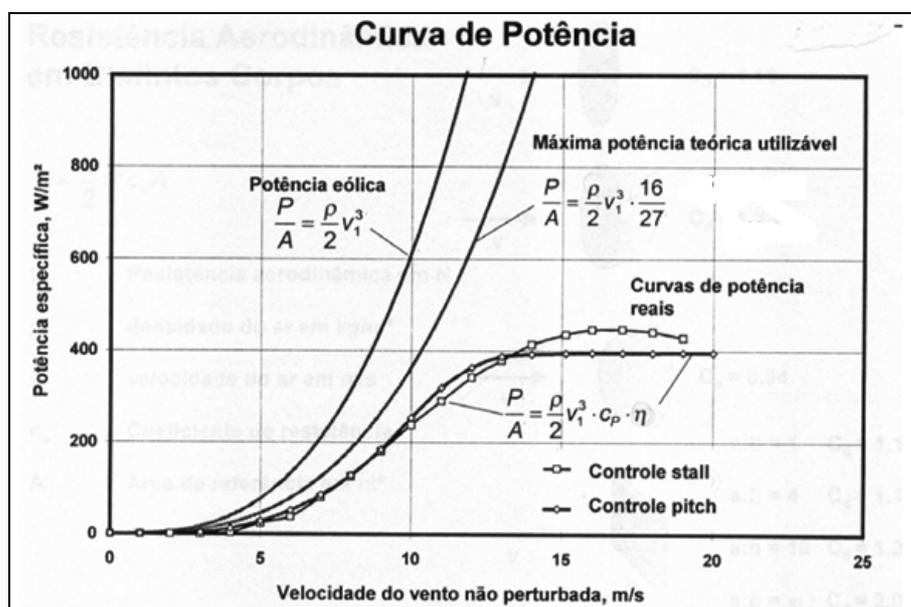


Figura 2.5 – Curvas de potência reais e ideais de Turbinas eólicas.

2.7 Microgeração distribuída

Embora o conceito de geração distribuída seja de difícil consenso, alguns aspectos são comuns, e dentre esses se destaca que a disposição da unidade de geração é ao nível de baixa tensão do sistema de distribuição local, permitindo que consumidores residenciais e comerciais possam investir em equipamentos para sua autossuficiência energética. Dessa forma, esse aspecto é estendido à microgeração distribuída, porém, é preciso estabelecer um limite para o nível de potência instalada pela unidade geradora de energia. Encontram-se, em alguns países, valores típicos entre 1 kW e 10 kW associados à microgeração (Bertoi, 2012).

No Brasil, a microgeração de energia por fontes renováveis começa a tomar forma com as novas regras trazidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica, através da Resolução Normativa nº 482/2012. Esta resolução tem por objetivo estimular a geração distribuída de energia elétrica considerando, microgeradores instalações de até 100 kW.

2.7.1 Sistema de Compensação de energia

A resolução acima citada também regulamenta o sistema de compensação de energia ou *netmetering*. Este sistema de compensação é aplicado em pelo menos 14 países, incluindo Itália, Japão e grande parte dos Estados Unidos (Bertoi, 2012), sendo o mecanismo regulatório adotado no Brasil para a microgeração distribuída por fontes renováveis, conforme a resolução

acima citada. O *netmetering* pode ser entendido como um sistema de compensação de energia cujo faturamento da unidade geradora conectada à rede resulta da diferença entre a quantidade consumida e a quantidade gerada e a medição líquida da energia aponta para três situações:

- Quantidade de energia gerada menor que a quantidade de energia consumida: O valor a ser faturado corresponde à energia consumida descontada da energia gerada.
- Quantidade de energia gerada igual à quantidade de energia consumida: Há apenas o pagamento de um valor mínimo, estipulado em regulamentação específica.
- Quantidade de energia gerada maior que a quantidade de energia consumida: A diferença é “injetada” na rede da distribuidora e gera créditos para compensação na fatura de energia elétrica em meses subsequentes.

3. METODOLOGIA

Para que o estudo da viabilidade técnico-econômica do projeto seja realizado deve-se conhecer primeiramente a demanda de energia elétrica necessária e o local de instalação. Em seguida verifica-se o potencial eólico da região e a energia que poderá ser produzida nas condições encontradas.

3.1 Viabilidade técnica

O estudo será realizado considerando uma propriedade rural de médio porte, onde a principal atividade se baseia no cultivo de arroz de forma irrigada. A propriedade encontra-se no município de Rosário do Sul, região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul.

A demanda de energia da propriedade, aqui se traduz na energia necessária para abastecer a propriedade em um ano (consumo) e a demanda de potência máxima no período (demanda). A tabela 3.1 mostra os dados levantados da demanda de energia da propriedade.

Tabela 3.1 – Demanda de energia da propriedade rural de Rosário do Sul.

Mês	Consumo Anual [kWh]			Demanda Anual [kW]		
	2010	2011	Médio	2010	2011	média
janeiro	7288	6952	7120	16	16	16
fevereiro	3023	3773	3398	38	38	38
março	9087	14031	11559	59	56	58
abril	21626	25799	23713	78	61	70
maio	11682	8118	9900	69	56	63
junho	2700	3075	2888	17	49	33
julho	1759	4213	2986	12	62	37
agosto	2943	2368	2656	32	46	39
setembro	2561	2798	2680	18	23	21
outubro	2355	3044	2700	17	52	35
novembro	3118	3106	3112	32	18	25
dezembro	2675	4428	3552	16	52	34
Total	70817	81705	76261			

3.1.1 Potencial Eólico de Rosário do Sul

Para fins de projeto, ao se definir o potencial eólico de uma região deve-se realizar um estudo estatístico do comportamento dos ventos no local, como referido anteriormente. A

medição e o registro da velocidade dos ventos no local por uma estação anemométrica devem ser realizados, trazendo uma maior precisão dos dados de vento do local. Porém para fins de estudo e análise preliminar utiliza-se o atlas do potencial eólico Brasileiro e o atlas do potencial eólico do Rio Grande do sul. Estas duas ferramentas apresentam as estimativas dos dados necessários e são usadas de forma complementar.

O atlas eólico Brasileiro permite que se chegue aos dados de vento da região através das suas coordenadas geográficas (CRESESB, 2012). A figura 3.1 apresenta os dados de vento a 50 m de altura bem como, os parâmetros da distribuição de Weibull e a velocidade média dos ventos de forma sazonal.

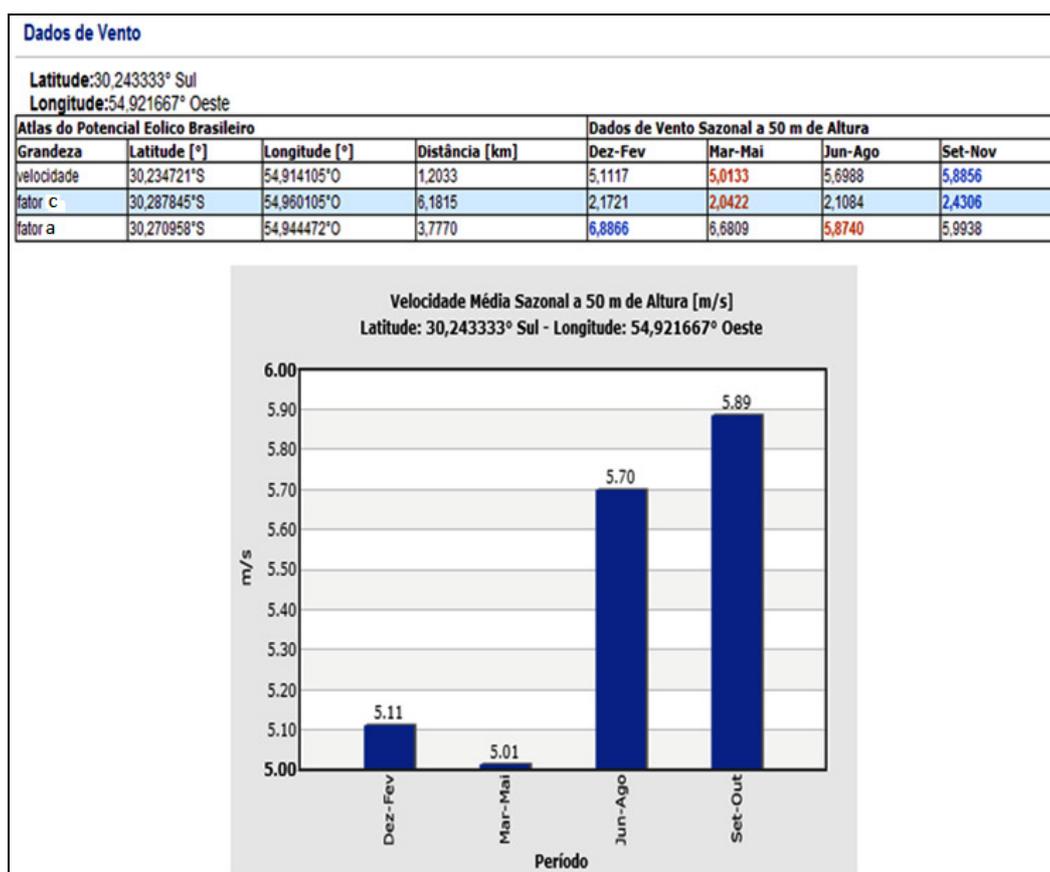


Figura 3.1 – Dados de vento a 50 m de altura em Rosário do Sul (Atlas Eólico do Brasil).

Os dados acima estão de acordo com os encontrados no atlas eólico do Rio Grande do Sul, que foi concebido de uma forma mais precisa. Porém apresenta dificuldade maior na extração dos dados, feita de forma visual através de legendas como apresentado na figura 3.2. A figura 3.3 apresenta no detalhe a velocidade média dos ventos a 50 m de altura para a região de Rosário do Sul. Pode-se observar que as velocidades médias anuais encontram-se entre 5 m/s e 6 m/s confirmando os dados obtidos no Atlas eólico Brasileiro. Para fins de cálculo será utilizada a média dos valores trimestrais encontrados no Atlas Brasileiro, tanto para a velocidade média como para os fatores de escala e de forma da distribuição de Weibull.

O comprimento de rugosidade z_0 , no entanto, foi determinado com base no atlas eólico do RS, de acordo com a legenda da figura 3.4, pois seu valor não é determinado no Atlas eólico Brasileiro. Verifica-se que para a região destacada pelo retângulo preto, valores em torno de 0,04 m são encontrados.

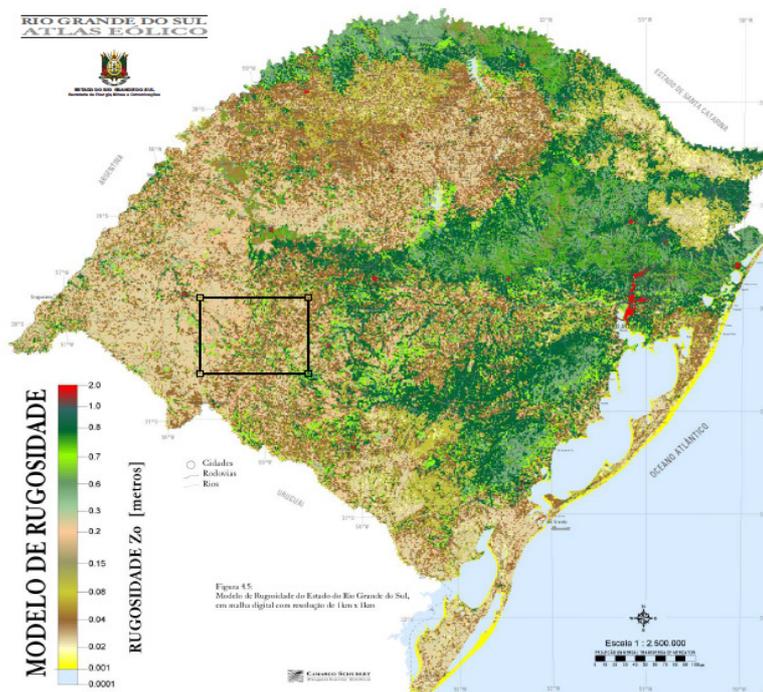


Figura 3.4 – Distribuição do comprimento de rugosidade no RS.

3.1.2 Previsão da Energia Produzida

Para se estimar a energia que será gerada no local em determinado período de tempo é preciso realizar o cálculo integral da potência extraída do vento no mesmo período, como mostra a equação 2.6. Para isso é necessário conhecer a velocidade do vento no local e de que forma ela varia. Assim como a curva de potência do aerogerador a ser utilizado, ou seja, a potência que ele consegue produzir em uma determinada velocidade de vento.

Utiliza-se nesse trabalho como ferramenta de auxílio o *software* livre ALWIN. Ele realiza a tarefa de calcular a energia produzida através da correlação dos dados do potencial eólico com as características do aerogerador a ser selecionado. A estimativa da energia gerada é extremamente dependente da curva de potência da turbina eólica utilizada e através da simulação do uso de diversas alternativas de turbinas realizadas com o *software*, é possível estimar a energia produzida pelas máquinas avaliadas até chegar-se a mais adequada.

3.1.3 Seleção dos aerogeradores

Os diversos fabricantes disponibilizam as curvas de potência dos seus aerogeradores, entre outras características. Tendo em vista que existem diversas alternativas, alguns critérios de seleção prevalecem:

- 1) Potência nominal do aerogerador;
- 2) Quantidade de energia produzida anualmente;
- 3) Fabricante nacional;
- 4) Preço do aerogerador e instalações.

Um cálculo simples, utilizando-se a equação 3.1, é realizado para estimar a potência nominal P_N do aerogerador a ser selecionado. Projetando um fator de capacidade igual a 25% chega-se a uma potência nominal de 35 kW.

$$P_N = \frac{\text{Energia consumida anual [kWh]}}{\text{horas ano [h]} \cdot \text{Fator de capacidade}} \quad (3.1)$$

Através dos critérios foram selecionados três aerogeradores, conforme a tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Aerogeradores selecionados.

Fabricante	Modelo	PN [kW]	Fabricação	Preço [R\$]
Hummer	H12.0 - 50k	50	China	300.000,00
Entegrity	EW50	50	Reino Unido	325.000,00
Endurance Wind Power	EWP - E3120	50	Canadá	375.000,00

Nenhum dos aerogeradores possui fabricação nacional, porém o fabricante Hummer, possui um escritório de representação no Brasil. O preço considerado é para o aerogerador instalado, sendo estimado pelos fabricantes.

A potência produzida por uma turbina eólica é função direta da densidade do ar que impulsiona o rotor. As curvas de potência fornecidas pelos fabricantes são usualmente dadas para condições padrão da atmosfera (15°C, nível do mar, densidade do ar de 1,225 kg/m³), as mesmas usadas na simulação com o *software*. Outro dado importante é a altura de instalação do rotor, para todos os modelos foi considerada a altura de instalação de 30 metros em relação ao solo em uma torre treliçada de aço.

De posse da curva de potência de cada aerogerador, simula-se energia produzida por cada um deles. Já os dados de vento utilizados foram para a altura de 50 m. A correção da altura é feita utilizando-se a lei logarítmica. As curvas de potência encontram-se no apêndice A, juntamente com os gráficos da previsão de energia produzida para cada aerogerador. A Tabela 3.3 apresenta os fatores de capacidade encontrados, bem como a estimativa de energia produzida em um ano.

Tabela 3.3 – Resultados para os aerogeradores selecionados.

Fabricante	Modelo	PN* [kW]	FC [%]	Energia Anual Produzida [kWh]
Hummer	H12.0 - 50k	50	15,4	101.600
Entegrity	EW50	50	13,5	77.400
Endurance Wind Power	EWP - E3120	50	24,1	124.600

* Potência nominal aproximada fornecida pelo fabricante. Porém a potência utilizada no cálculo do fator de capacidade como potência nominal é a máxima encontrada na curva de potência do aerogerador.

3.4 Viabilidade econômica

Projetos de microgeração ainda não possuem regulamentação específica para comercialização da energia elétrica produzida. Assim, é verificada a viabilidade do projeto contemplando-se dois cenários possíveis: Sem utilizar o sistema de compensação (*Netmetering*) e utilizando-o. No primeiro a energia elétrica produzida é utilizada somente para reduzir o consumo de energia da rede elétrica. Já no segundo, a energia elétrica produzida é utilizada para reduzir o consumo e o excedente é “injetado” na rede elétrica local. Posteriormente são comparadas as duas maneiras para se ter a real dimensão do benefício do sistema de compensação.

3.4.1 Receita do projeto

A capacidade de pagamento da instalação do sistema eólico está limitada à receita criada pelo total de energia produzida pelo aerogerador multiplicado pelo valor final da tarifa, somado à compensação em créditos. No primeiro caso a receita é o valor economizado que é igual à energia produzida e consumida pelo produtor multiplicado pelo valor do kWh cobrado pela distribuidora. Já no segundo caso, levando-se em conta o sistema de compensação, a receita é o valor economizado - como no primeiro caso - acrescido dos créditos que ele possui

junto à distribuidora pela energia excedente “injetada” na rede. Os créditos são contabilizados mensalmente, e estão disponíveis para o uso já no mês seguinte, com validade de 36 meses.

3.4.2 Custo da energia fornecida pela distribuidora

A composição do custo da energia elétrica fornecida é definida pela resolução ANEEL 1280/2012. A propriedade rural em questão se enquadra no Subgrupo A4/Rural (2,5 kV – 23 kV) e a tarifa é composta de um valor para consumo e um valor para a demanda de potência, conforme a regulamentação, e somados os impostos (PIS/COFINS e ICMS). A tabela 4.3 demonstra os valores das tarifas. É considerado um reajuste anual de 5%, que é aproximadamente o valor médio do ultimo reajuste 2011-2012 (Site: AES SUL).

Tabela 3.4 - Valores das tarifas.

Tarifa com impostos		
	R\$/kWh	R\$/kW
Consumo	0,17769	
Demanda		50,6263

3.4.3 Custo do equipamento e instalações

O valor do investimento é composto do custo da máquina, estimado em 75% do total, e do custo relacionado a estudos e projetos, obras e instalações do aerogerador, torre, inversor elétrico e demais componentes necessários para funcionamento do sistema eólico, estimados em 25% do total (EWEA, 2009).

3.4.4 Condições de financiamento

Considerando a inexistência de um programa específico para financiamento de pequenos / médios aerogeradores no País, conforme observado por (Bertuoi, 2012), utilizou-se o programa de financiamento mais próximo do objetivo desse trabalho, o programa de financiamento para equipamentos de geração eólica de grande porte do BNDES. Nas seguintes condições:

- Custo financeiro = Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP);
- Remuneração básica do BNDES: 0,9% ao ano;
- Taxa de Juros = Custo Financeiro + Remuneração Básica do BNDES.

A participação do BNDES está limitada a 80% do valor do bem e o prazo total de financiamento é de até quatorze anos, com carência de dois anos. A TJLP é fixada pelo conselho monetário nacional e encontra-se em 5,5% para o trimestre final de 2012 (BNDES, 2012). Portanto somando-se a remuneração básica, considera-se uma taxa de juros de 6,4% ao ano.

3.4.5 Análise do retorno financeiro

Considerando as informações das seções anteriores, é estruturado o fluxo de caixa do projeto previsto para 20 anos. O modelo do fluxo de caixa utilizado para cada aerogerador encontra-se no apêndice B. A partir das informações do fluxo de caixa, aplicam-se os métodos de engenharia econômica para análise de viabilidade financeira, *Payback*, VPL e TIR. O método *payback* baseia-se no número de anos requeridos para se obter retorno sobre o investimento inicial. Ele não leva em conta a dimensão do retorno. Por isso, utilizam-se também os outros dois métodos em conjunto.

O Valor Presente Líquido (VPL) baseia-se na determinação do valor presente das receitas futuras, considerando uma taxa de desconto (desvalorização do capital) equivalente a

um investimento de baixo risco. A poupança, por exemplo, é considerada uma aplicação sem riscos cuja taxa de remuneração atual é estimada em 6% ao ano.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) baseia-se na determinação da taxa de juros “i” que iguala o valor presente dos retornos futuros ao investimento efetuado. Seria o mesmo que comparar o investimento no projeto a um investimento de baixo risco, que rentabilize à mesma taxa de juros “i”, ou seja, é considerada como uma taxa mínima de atratividade (TMA).

A taxa de desconto que é utilizada na análise é igual a taxa “i”, estimada em 10%, seria a estimativa do rendimento da poupança acrescido da desvalorização do capital, a taxa de inflação. Portanto o projeto será considerado viável somente se o VPL for positivo e a TIR for maior que a TMA. Indicando que o valor atualizado dos recebimentos é maior que o investimento inicial e que é mais atrativo que o investimento de baixo risco considerado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial eólico encontrado na região se mostrou propício a este tipo de projeto. Grande parte dos autores considera que a geração eólica começa a se tornar viável com ventos de velocidade média em torno 5 m/s. A figura 4.1 apresenta o gráfico de distribuição de frequência dos ventos no local, gerado pelo *software* ALWIN. Assim, é possível encontrar aerogeradores, que nas condições estimadas produzem a energia elétrica necessária para atender a demanda da propriedade e até de superá-la.

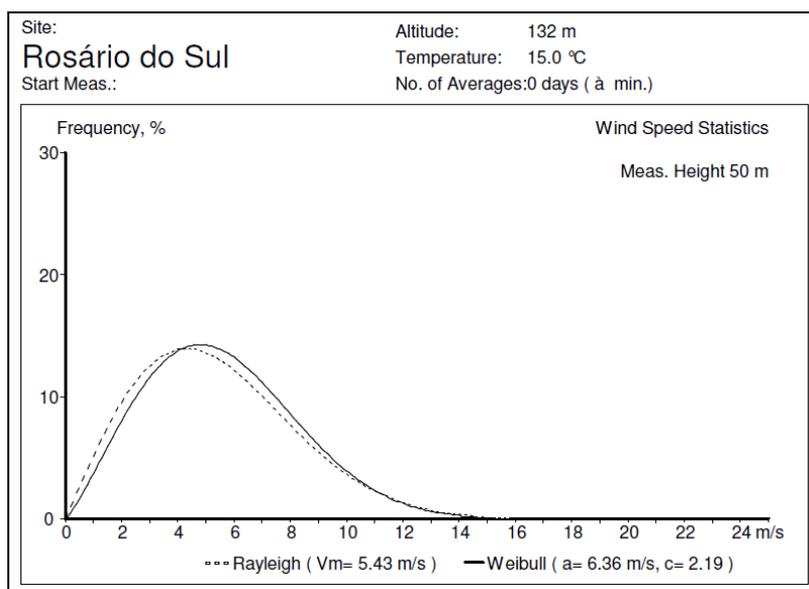


Figura 4.1 - Distribuição de frequência da velocidade do vento no local.

Em uma análise preliminar, baseando-se na previsão da energia anual produzida, no fator de capacidade e no preço estimado, conforme as tabelas 3.2 e 3.3, observa-se que o aerogerador EW50, apresenta uma condição desfavorável em relação ao H12.0-50k do ponto de vista financeiro, pois seu fator de capacidade e a previsão de energia produzida no ano são menores, mas o seu preço é maior. Economicamente, nem sempre o maior fator de capacidade será a melhor escolha. A viabilidade econômica pode ser obtida com um fator de capacidade relativamente baixo, desde que seja gerada a energia que se espera e o valor do investimento seja também relativamente baixo. Portanto, já se descarta a alternativa Entegry – EW50.

A Partir da previsão de energia produzida - tabela 3.3 - pode-se afirmar que as duas alternativas restantes são viáveis, pois a diferença do custo entre a energia produzida e a consumida anualmente é sempre positiva. Esta análise simples pode levar a enganos, pois não considera o investimento inicial e tampouco o mecanismo de compensação utilizado para

transformar o excedente de energia produzida em receita. A tabela 4.1 mostra a diferença entre o produzido e o consumido em valores monetários (R\$).

Tabela 4.1 - Diferença entre energia produzida e consumida em valores monetários.

	Hummer -H12.0 50k	EWP E3120
Energia Consumida [R\$]	37167,99	37167,99
Energia Produzida [R\$]	41670,47	45757,34
Diferença [R\$]	4502,48	8589,35

Na realidade, a diferença apresentada na tabela 4.1 só se transforma em receita se puder ser utilizada de alguma forma. Em sistemas que possuem um banco de baterias, a energia excedente seria armazenada e utilizada posteriormente, quando necessário. Entretanto, em se tratando de um sistema ligado à rede elétrica, ou se perde esse excedente e não se tem retorno algum além do economizado, ou se “injeta” o excedente na rede, gerando créditos junto à distribuidora através do sistema de compensação. A tabela 4.2 demonstra resumidamente, a economia em valores monetários de cada alternativa, projetando-se um custo anual. No apêndice C, podem ser encontradas as tabelas completas.

Tabela 4.2 - Economia de cada alternativa projetando-se um custo anual.

	Hummer -H12.0 50k	EWP E3120
Fatura sem S.C. [R\$]	8913,2	7977,36
Fatura Com S.C.[R\$]	5400,00	5400,00
Créditos [R\$]	11886,16	21422,29

Verifica-se que sem o sistema de compensação (S.C), mesmo com a diferença entre energia gerada e consumida tendo se perdido, a fatura anual passaria dos R\$ 37.167,99 para R\$ 8.913,20 com a primeira alternativa e R\$ 7.977,36 com a segunda. Uma redução de 417% e 459%, respectivamente. Se levarmos em conta o sistema de compensação, seriam gastos com energia somente os valores do pagamento mínimo, equivalente a demanda contratada, estimado em R\$ 5.400,00. Porém seriam gerados créditos significativos.

Os resultados obtidos até aqui demonstram que pode ser viável qualquer uma das alternativas, ambas representam redução significativa na fatura anual de energia. Porém não se sabe se essa redução será suficiente para remunerar o projeto em no mínimo o valor investido inicialmente, dentro do seu período de vida útil.

A tabela 4.3, por sua vez, apresenta o fluxo de caixa estimado para o projeto a partir das duas alternativas de aerogeradores a serem utilizados para cada cenário. Observando-se esta tabela sob a ótica do tempo de retorno (*Payback*), verifica-se que as alternativas “sem S.C.” não são viáveis economicamente, pois o retorno começa somente após o 15º ano, ou seja, o fluxo de caixa é negativo durante $\frac{3}{4}$ do período considerado. Já nas alternativas “com S.C” o retorno vem mais cedo, a partir do 7º ano, um tempo de retorno considerado razoável, o valor positivo no segundo ano para esses investimentos deve-se ao prazo de carência considerado no financiamento e não representa um início de retorno.

Para confirmar a inviabilidade econômica das duas alternativas “sem S.C.”, observa-se que a TIR e o VPL encontrados são negativos. Já para as alternativas “com S.C.” a TIR encontrada é positiva, apontando para a viabilidade econômica dos dois projetos. Porém se verifica que os VPL’s são negativos. Isso significa que apesar do retorno do investimento se dar a uma taxa positiva, ela está abaixo da taxa de desconto. De fato a taxa de desconto aqui considerada é de 10% a.a e é igual à taxa mínima de atratividade. Sendo assim, pode-se dizer que o retorno obtido não é suficiente para tornar o investimento viável em todas as situações, porém nota-se que dentre as alternativas a que apresentou melhor resultado foi o aerogerador Hummer 50kW com Sistema de Compensação.

Tabela 4.3 – Fluxo de caixa líquido estimado para cada alternativa do projeto.

Aerogerador	Hummer 50kW [R\$]	Hummer 50kW [R\$]	EWPE 3120 [R\$]	EWPE 3120 S.C. [R\$]
Ano	Sem S.C.	Com S.C.	Sem S.C.	Com S.C.
1	-76496,49	-55801,13	-101719,23	-72466,67
2	-13830,81	7899,32	-23691,18	7024,01
3	-31906,54	-10124,68	-44772,28	-13983,97
4	-29593,27	-7757,08	-41896,66	-11031,56
5	-27330,88	-5437,65	-39085,45	-8139,72
6	-25116,54	-3163,41	-36335,15	-5304,76
7	-22947,53	-931,52	-33642,39	-2523,11
8	-20821,26	1260,79	-31003,97	208,64
9	-18735,22	3416,16	-28416,83	2893,79
10	-16687,03	5537,15	-25878,01	5535,51
11	-14674,38	7626,24	-23384,70	8136,87
12	-12695,08	9685,81	-20934,18	10700,83
13	-10746,98	11718,18	-18523,87	13230,27
14	-8828,06	13725,60	-16151,26	15727,96
15	-6936,32	15710,24	-13813,95	18196,61
16	-5069,88	17674,24	-11509,62	20638,84
17	12818,82	35665,39	10821,32	43114,57
18	13543,00	36497,13	11694,87	44140,15
19	14247,25	37314,31	12541,90	45146,82
20	14933,23	38118,88	13364,45	46136,99
TIR [%]	-15,04%	8,22%	-21,01%	6,76%
VPL [R\$]	-200041,88	-12810,15	-294856,33	-30207,32

S.C. = Sistema de compensação de energia Conforme REN ANEEL 482/12

5. CONCLUSÕES

Como se observa através dos resultados, a viabilidade técnica foi obtida sem dificuldades. De fato, em grande parte do território nacional tem-se um potencial eólico favorável a instalações visando a microgeração eólica. Contudo, para o caso estudado, ainda não se encontra no Brasil, um cenário capaz de atrair o investimento neste tipo de projeto, pois a viabilidade econômica não foi alcançada. Fatores como a falta de fabricantes nacionais de aerogeradores e a impossibilidade de comercialização de energia elétrica advinda da microgeração, são pontos determinantes para esse resultado, porque encarecem o investimento.

A regulamentação para microgeração distribuída por fontes alternativas de energia, adotando um sistema de compensação é um grande incentivo no sentido de se atrair novos projetos. Apesar de não viabilizar o investimento no caso estudado, os resultados utilizando o sistema de compensação foram superiores aos que não o contemplam. Cabe ressaltar que o produtor, no caso de possuir mais propriedades, pode se valer dos créditos para abater a fatura destas, caso estejam ligadas à mesma rede, o que poderia viabilizar o projeto. Incentivos para atrair fabricantes com uma gama maior de produtos que possibilitem explorar os diversos potenciais eólicos do país, também deveriam existir – O Brasil hoje conta somente com fabricantes de aerogeradores de grande porte. Isto impacta diretamente em um dos fatores que determinam a inviabilidade do projeto estudado, o preço dos equipamentos. Um exemplo disso se dá para o aerogerador com melhor resultado. Uma redução de 20% no seu preço leva a uma TIR de 24% e um VPL de R\$ 63.000,00 tornando atrativo o investimento no projeto.

Está em tramitação no senado federal o projeto de lei que cria o Regime Especial de Tributação para o Incentivo ao Desenvolvimento e à Produção de Fontes Alternativas de Energia Elétrica – REINFA e espera-se que a partir dele a microgeração distribuída de energia

se torne mais atrativa. Ela traz incentivos como redução de impostos e a possibilidade de venda do excedente de energia produzida.

Fica como sugestão de continuação do estudo, verificar se a viabilidade através dos incentivos do REINFA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

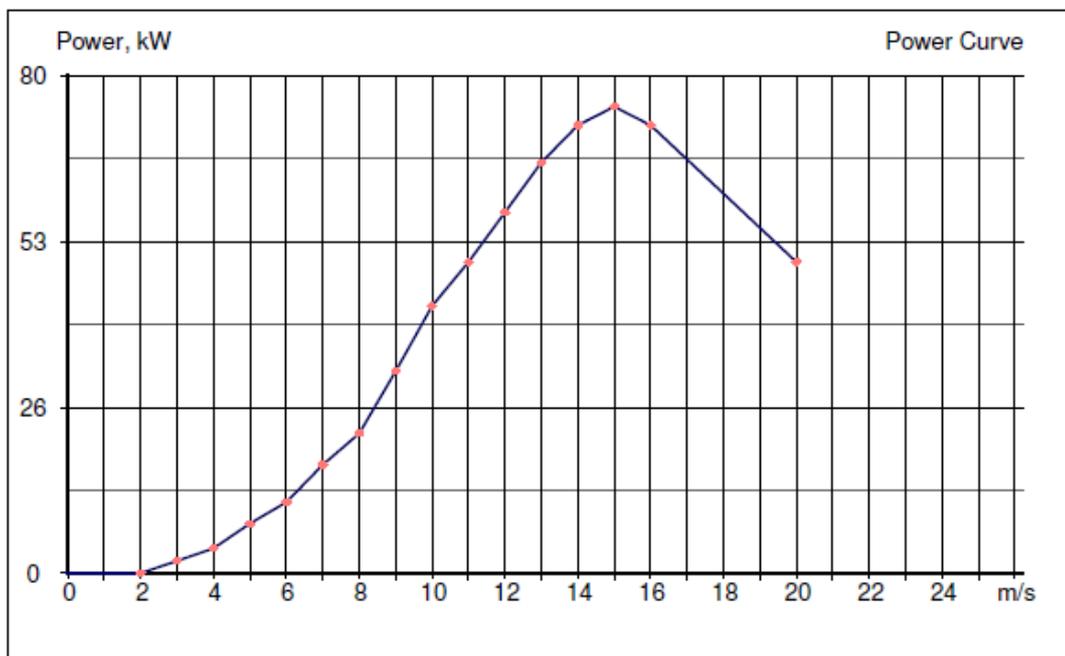
- AESSUL, “**Informações**”, <http://www.aessul.com.br> Acessado em 29/10/2012.
- ANEEL, “**Cedoc**”, <http://www.aneel.gov.br> Acessado em 15/11/2012.
- ATLAS ÉOLICO DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre, CD-ROM, 2002.
- Bertoi, E. F., “**Análise dos incentivos à microgeração distribuída sob a perspectiva da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede**” Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Energia) – Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BNDES, “**Financiamentos**”, <http://www.bndes.gov.br>. Acessado em 25/11/2012.
- BWS, “**Catálogos**”, <http://www.brasilwindservice.com>. Acessado em 18/11/2012.
- CRESESB, “**Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**”, <http://www.cresesb.cepel.br> Acessado em 02/11/2012.
- Custódio, R. S., “**Parâmetros de Projeto de Fazendas Eólicas e Aplicação Específica no Rio Grande do Sul**”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. .
- European Wind Energy Association, “Wind Energy – The Facts”, Vol.1, 2009.
- EWP, “**Products**”, <http://www.endurancewindpower.com> Acessado em 18/11/2012.
- HIRATA, M.; ARAUJO, M. R. O. P. de, “**Introdução ao Aproveitamento de Energia Eólica**”. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.
- Loredou-Souza, A. M., “**Aerodinâmica das Construções**”. Entrevistadora: Jussara Mattuella. Porto Alegre, 2006.
- Mattuella, Jussara M. Leite. “**Fontes Energéticas Sustentáveis**”. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005
- Petry, A. P., Mattuella, J.M.L., “**Análise do Potencial Eólico e Estimativa da Geração de Energia Empregando o “Software” Livre ALWIN**”, Porto Alegre, 2007.
- Sá, A. L., et al., “**Energia Eólica – Princípios e Aplicações**”, Relatório DPER 001-2001, Contrato PETROBRAS/CENPES,CEPEL, 2001.
- Twele, J.; R. Gasch, R. “**Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation**”. Germany: Solarpraxis, 2002.

APÊNDICE

Apêndice A – Curvas de Potência e Previsão de Energia Produzida

Wind Energy Converter:
Hummer - 50k

Catalog: ENERCON.CAT
Hub Height: 30.0 m
Control: STALL



Rosário do Sul

Time: Meas.Height: 50.0 m
Altitude: 132 m Temperature: 15.0 °C

Hummer - 50k

Hub Height: 30.0 m
Conversion factor (log): 0.928 (Z0 = 0.040 m)

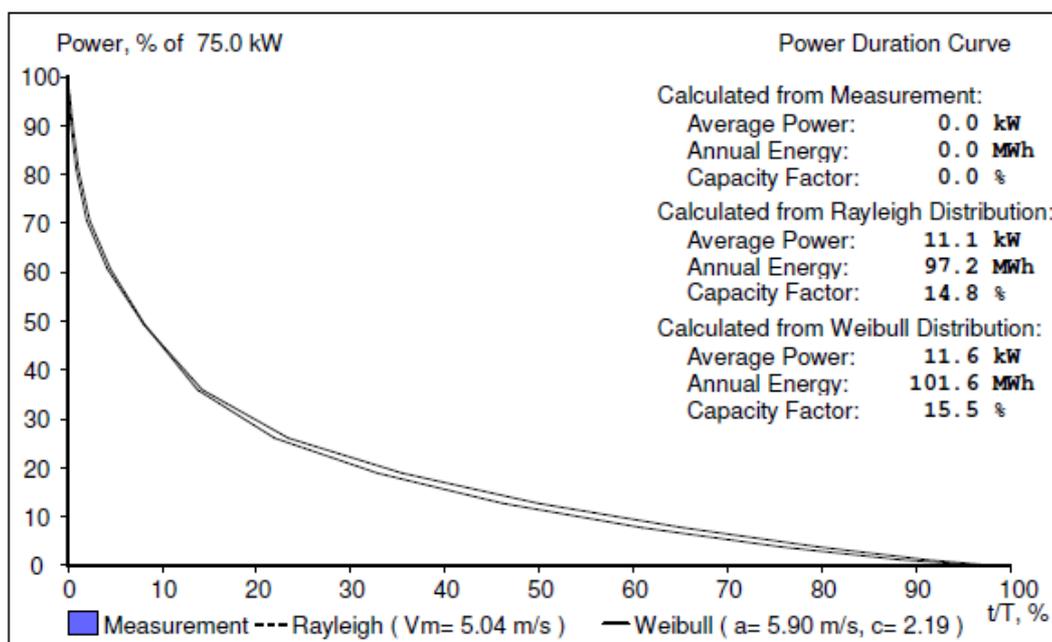
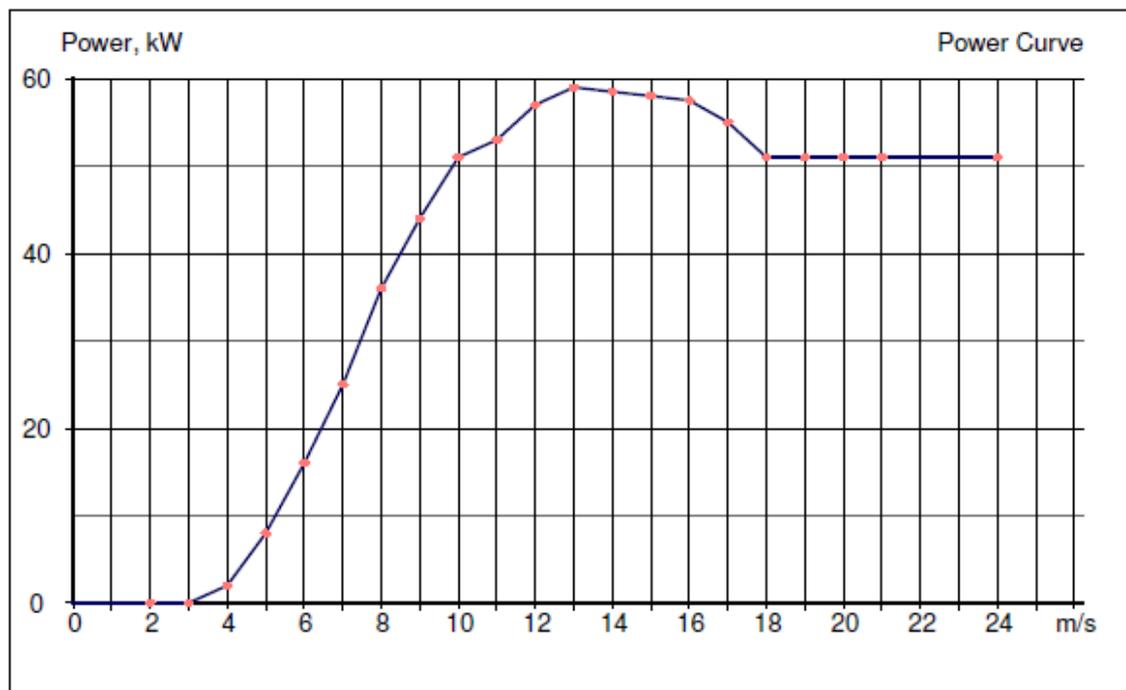


Figura A.1 – Curva de potência e previsão de energia produzida aerogerador Hummer H12.0 - 50k

Wind Energy Converter:
EWP - E3120 50kW

Catalog: ENERCON.CAT
 Hub Height: 30.0 m
 Control: STALL



Rosário do Sul

EWP - E3120 50kW

Time:
 Altitude: 132 m

Meas.Height: 50.0 m
 Temperature: 15.0 °C

Hub Height: 30.0 m
 Conversion factor (log): 0.928 (Z0 = 0.040 m)

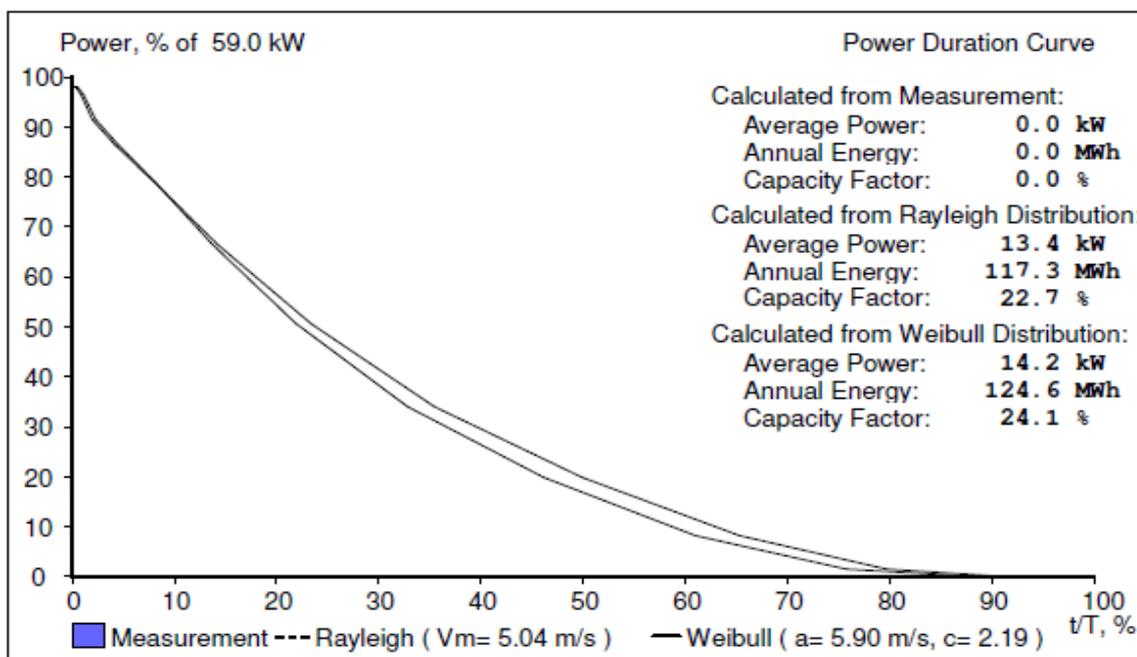
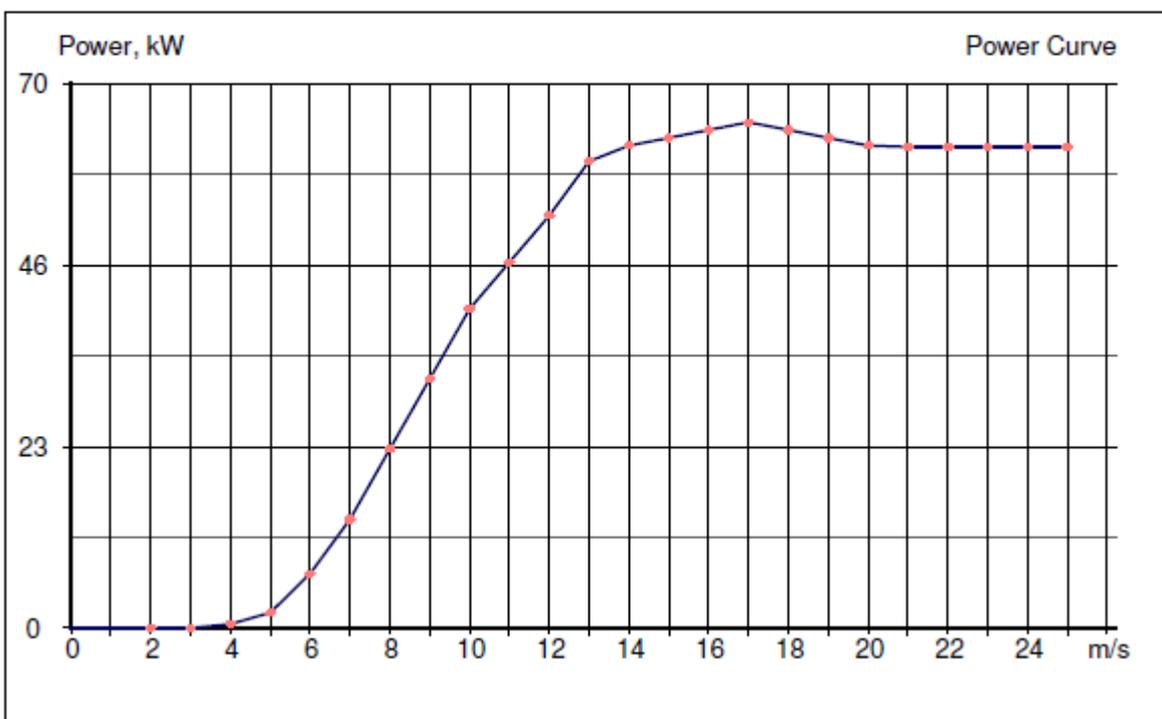


Figura A.2 – Curva de potência e previsão de energia produzida aerogerador EWP – E3120.

Wind Energy Converter:
Entegrity - EW50kW

Catalog: ENERCON.CAT
 Hub Height: 30.0 m
 Control: STALL



Rosário do Sul

Time: Meas. Height: 50.0 m
 Altitude: 132 m Temperature: 15.0 °C

Entegrity - EW50kW

Hub Height: 30.0 m
 Conversion factor (log): 0.928 (Z0 = 0.040 m)

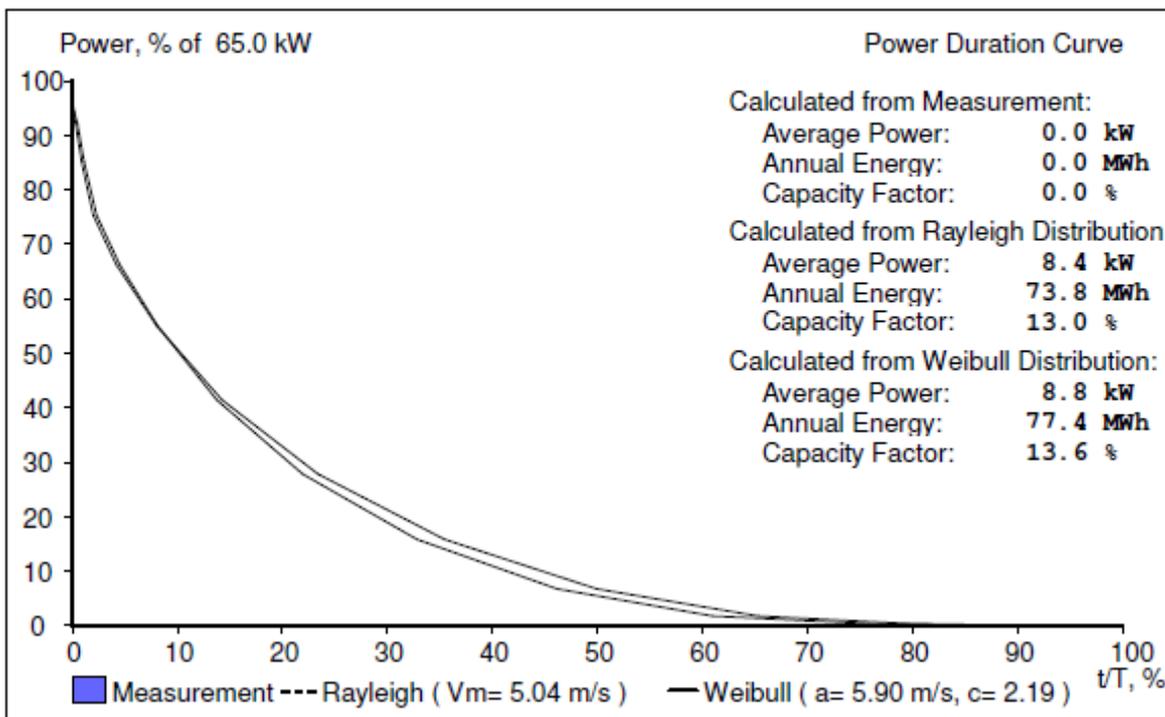


Figura A.3 – Curva de potência e previsão de energia produzida aerogerador EW50.

Apêndice B – Modelo do fluxo de caixa utilizado.

Hummer H12.0 - 50k		Investimento					
Energia de Referência	101,6379 MWh	Total	R\$ 300.000,00				
Potencia Nominal	0,075 MW	Valor Unitário	R\$ 4.000,00 R\$/kW(N)				
Número de Máquinas	1	Capital Próprio	R\$ 60.000,00				
Fator de Capacidade	15,5%	Financiamento	R\$ 240.000,00	80%			
Período	8760 horas (1ano)	Taxa de Juros	6,4%	0			
Coefficiente de disponibilidade	100%	Período pagamento financiam	14 anos				
		Carência	2 anos				
		Máquina	R\$ 225.000,00	75%			
		Outros	R\$ 75.000,00	25%			

Demonstrativo Resultado do exercício		ano1	ano2	ano3	ano4	ano19	ano20
Receita Efetiva		R\$ 49.054,14	R\$ 49.054,14	R\$ 49.054,14	R\$ 49.054,14	R\$ 49.054,14	R\$ 49.054,14
perdas		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Reajuste da tarifa	5%	0	2452,707154	R\$ 2.575,34	R\$ 2.704,11	R\$ 5.621,65	R\$ 5.902,73
PIS/COFINS	0,00% já incluso	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Receita Operacional		R\$ 49.054,14	R\$ 51.506,85	R\$ 51.629,49	R\$ 51.758,25	R\$ 54.675,79	R\$ 54.956,88
Despesas							
O&M (DEWI)	44 R\$/kW ano			R\$ 3.300,00	R\$ 3.300,00	R\$ 3.300,00	R\$ 3.300,00
Taxa Aneel (TUST/TUSD)	0,50%	R\$ 245,27	R\$ 257,53	R\$ 258,15	R\$ 258,79	R\$ 273,38	R\$ 274,78
Depreciação Máquina	5% 20 anos	R\$ 11.250,00	R\$ 10.687,50	R\$ 10.153,13	R\$ 9.645,47	R\$ 4.468,66	R\$ 4.245,23
Depreciação dos Outros	3% 20 anos	R\$ 2.250,00	R\$ 2.182,50	R\$ 2.117,03	R\$ 2.053,51	R\$ 1.300,39	R\$ 1.261,38
Arrendamento	0,00%	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Recultivação	R\$ 0,00 R\$/kW ano	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Seguros	1%	R\$ 2.250,00	R\$ 2.250,00	R\$ 2.250,00	R\$ 2.250,00	R\$ 2.250,00	R\$ 2.250,00
Diferimento	0%	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Custo de Transmissão	R\$ 0,00 R\$/kW-mês	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Sub total		15995,27072	15377,53425	18078,29743	17507,77426	11592,43039	11331,39104
Lucro Operacional		R\$ 33.058,87	R\$ 36.129,32	R\$ 33.551,19	R\$ 34.250,48	R\$ 43.083,36	R\$ 43.625,48
Juros		R\$ 15.360,00	R\$ 15.360,00	R\$ 14.262,86	R\$ 13.165,71		
Lucro Antes do IR		R\$ 17.698,87	R\$ 20.769,32	R\$ 19.288,33	R\$ 21.084,76	R\$ 43.083,36	R\$ 43.625,48
Imposto de Renda	0%	0	0	0	0	0	0
CSLL	0%	0	0	0	0	0	0
Lucro Líquido		R\$ 17.698,87	R\$ 20.769,32	R\$ 19.288,33	R\$ 21.084,76	R\$ 43.083,36	R\$ 43.625,48
Fluxo de caixa							
Lucro Líquido		R\$ 17.698,87	R\$ 20.769,32	R\$ 19.288,33	R\$ 21.084,76	R\$ 43.083,36	R\$ 43.625,48
Depreciações		-R\$ 2.250,00	-R\$ 2.182,50	-R\$ 2.117,03	-R\$ 2.053,51	-R\$ 1.300,39	-R\$ 1.261,38
Depreciação Aerogeradores		-R\$ 11.250,00	-R\$ 10.687,50	-R\$ 10.153,13	-R\$ 9.645,47	-R\$ 4.468,66	-R\$ 4.245,23
Amortização				R\$ 17.142,86	R\$ 17.142,86		
Juros				R\$ 15.360,00	R\$ 14.376,96		
Financiamento		R\$ 240.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Investimento Total		R\$ 300.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Fluxo de caixa Líquido		-R\$ 55.801,13	R\$ 7.899,32	-R\$ 10.124,68	-R\$ 7.757,08	R\$ 37.314,31	R\$ 38.118,88

Figura A.1 – Fluxo de caixa resumido do projeto considerando o aerogerador Hummer H12.0-50k com o sistema de compensação.

Apêndice C – Tabelas de Análise dos gastos com energia.

EWP - E3120			Energia Gerada Prevista [kWh]		
			Anual	124600	
			Mensal	10383	
Mês	Energia Consumida	Energia Produzida			
	Despesa [R\$]	Receita [R\$]	Diferença [R\$]	Fatura Sem S.C. [R\$]	Fatura Com S.C. [R\$]
Janeiro	2075,17	2655,04	579,86	-450,00	129,86
Fevereiro	2527,59	3768,81	1241,22	-450,00	1371,09
Março	4964,93	4756,03	-208,90	-658,90	1162,18
Abril	7732,00	5363,54	-2368,46	-2818,46	-1786,14
Mai	4923,27	5009,16	85,88	-450,00	-364,12
Junho	2183,75	3515,68	1331,93	-450,00	881,93
Julho	2403,76	3718,19	1314,43	-450,00	2196,37
Agosto	2446,28	3819,44	1373,16	-450,00	3569,53
Setembro	1513,96	2882,85	1368,89	-450,00	3606,49
Outubro	2226,28	3591,62	1365,34	-450,00	3657,39
Novembro	1818,63	3110,67	1292,04	-450,00	3576,28
Dezembro	2352,36	3566,31	1213,95	-450,00	3421,33
Anual	37167,99	45757,34		-7977,36	21422,19
Economia Anual[R\$]		Economia Anual S.C.[R\$]		Crédito [R\$]	
29190,62		37167,99		21422,19	

Hummer - H12.0 50k			Energia Gerada Prevista [kWh]		
			Anual	101600	
			Mensal	8467	
Mês	Energia Consumida	Energia Produzida			
	Despesa [R\$]	Receita [R\$]	Diferença [R\$]	Fatura Sem S.C. [R\$]	Fatura Com S.C. [R\$]
Janeiro	2075,17	2314,46	239,29	-450,00	-210,71
Fevereiro	2527,59	3428,24	900,65	-450,00	689,94
Março	4964,93	4415,45	-549,48	-999,48	140,46
Abril	7732,00	5022,97	-2709,03	-3159,03	-2807,86
Mai	4923,27	4668,59	-254,69	-704,69	-704,69
Junho	2183,75	3175,11	991,36	-450,00	541,36
Julho	2403,76	3377,62	973,86	-450,00	1515,22
Agosto	2446,28	3478,87	1032,59	-450,00	2547,81
Setembro	1513,96	2542,28	1028,32	-450,00	2584,77
Outubro	2226,28	3251,05	1024,77	-450,00	2635,68
Novembro	1818,63	2770,10	951,47	-450,00	2554,56
Dezembro	2352,36	3225,74	873,38	-450,00	2399,61
Anual	37167,99	41670,47		-8913,20	11886,16
Economia Anual[R\$]		Economia Anual S.C.[R\$]		Crédito [R\$]	
28254,79		37167,99		11886,16	

Figura C.1 – Tabela dos gastos com energia em comparação com os gastos após instalação do projeto.