



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA EM RESIDÊNCIA NA CIDADE DE URUBICI – SC

**Cláudia Donald Pereira (1); Gustavo Prado Fontes (2); Rovy Pinheiro Pessoa Ferreira (3);
Enedir Ghisi (4)**

(1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – e-mail: claudia@labeee.ufsc.br

(2) Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo – e-mail: guga_fontes@hotmail.com

(3) Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo – e-mail: rovyppferreira@gmail.com

(4) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil – e-mail: enedir@labeee.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721 5184

RESUMO

Dentre as diferentes fontes de energia para geração de eletricidade, a energia eólica destaca-se como uma opção renovável, que provoca baixos impactos ambientais e favorece a geração isolada. Apesar do grande potencial de produção, a energia eólica ainda é pouco utilizada no Brasil. Pensando nessas questões, esta pesquisa tem o objetivo de estimar a geração de energia eólica para utilização em uma residência na cidade de Urubici, localizada na região serrana do estado de Santa Catarina. A partir de dados horários de velocidade de vento (referentes aos anos 2003 a 2009) e das curvas de potência de dois modelos de aerogeradores escolhidos, foi possível estimar a geração de energia eólica em kWh. Os resultados indicaram que o modelo de aerogerador que propiciou maior geração de energia alcançou um valor máximo de aproximadamente 173 kWh/mês (no mês com maiores velocidades de vento), mas apenas 6 kWh/mês no mês com menores velocidades de vento. Isso significa que o uso de apenas um aerogerador não atenderia o consumo mensal da residência, estimada em 300 kWh/mês. Sendo assim, a melhor indicação para o caso estudado seria utilizar o sistema eólico como fonte complementar de geração de energia.

Palavras-chave: potencial de geração, energia eólica, microgeração

ABSTRACT

Amongst different sources of energy, wind power is a renewable option with low environmental impact and foments isolated generation. Besides its great potential for energy generation, wind power is still little used in Brazil. Thus, the main objective of this article is to estimate the potential for energy generation using wind power in a house located in Urubici, mountainous region of Santa Catarina. By using hourly wind speed data (for years 2003-2009) and performance data for two wind turbines it was possible to estimate the energy generation, in kWh. Results showed that the turbine with higher energy production reached 173 kWh/month (over the month with the highest wind speeds), but only 6 kWh/month over the month with the lowest wind speeds. Thus, the use of only one turbine would not be enough to supply the monthly energy demand in the house, which is about 300 kWh/month. Therefore, the wind power should be used to supplement the energy demand in the house.

Keywords: power generation, wind power, microgeneration

1. INTRODUÇÃO

Globalmente, são percebidos esforços para reduzir a demanda energética e para diversificar a geração de energia com o aproveitamento de fontes renováveis. Essas novas fontes energéticas podem ser aproveitadas em conjunto com a rede convencional, descentralizando a geração, ou podem ser instaladas de forma isolada, sem depender da rede convencional.

Os sistemas isolados permitem o abastecimento de áreas afastadas através do uso de fontes alternativas de energia, como a eólica e a fotovoltaica. A microgeração envolve a produção de energia próxima ao ponto de uso (reduzindo perdas com transmissão e distribuição), promove a educação dos usuários (redução da demanda), oferece a diversificação dos combustíveis (segurança de suprimento), e reduz a necessidade de maiores investimentos na rede pública (MITHRARATNE, 2009).

Diversos pesquisadores têm estudado o potencial eólico em seus países, tais como Peacock et al. (2008) no Reino Unido, Mabel e Fernandez (2008) na Índia, Ouammi et al. (2010) na Itália, Ilkiliç e Türkbay (2010) na Turquia, McIntyre et al. (2011) no Canadá, Keyhani et al. (2010) no Irã, entre outros.

No Brasil, o estudo da inserção de diferentes fontes alternativas na rede de geração de energia elétrica tem se mostrado importante, a fim de reduzir os impactos ambientais e melhorar a eficiência da rede. Em 2009, o Brasil apresentou um total de 106.215 MW de capacidade instalada nas centrais de geração de energia elétrica (somando as centrais de serviço público e autoprodutoras). Da oferta interna de energia elétrica em 2009, 76,9% foi proveniente de fontes hidráulicas (hidrelétricas) e 5,4% de biomassa (termoelétricas), conforme mostra a Figura 1 (EPE, 2010).

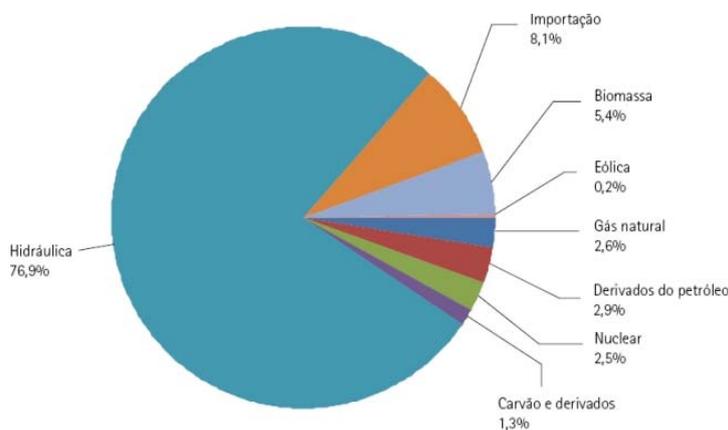


Figura 1. Oferta interna de energia elétrica por fonte – Brasil – 2009.
(Fonte: EPE, 2010)

Segundo Araujo e Freitas (2008), a energia eólica apresenta uma série de vantagens quando comparadas às outras fontes usadas no Brasil, como a hidráulica, térmica e nuclear. Seu principal atrativo diz respeito ao baixo impacto ambiental. Além disso, a energia eólica pode mais facilmente ser produzida de forma isolada, em pequena escala, além da opção de formação de grandes parques eólicos ligados à rede pública.

No Brasil, apenas 0,2% da energia elétrica produzida em 2009 teve o vento como fonte. Apesar da energia eólica ainda representar pouco perante a produção total nacional, ela é uma das fontes que mais tem se expandido. Em 2009, a capacidade instalada para geração eólica no país aumentou 45%, alcançando o total de 602 MW (EPE, 2010).

O potencial de geração de energia a partir do vento no Brasil é considerável, mas irregular. Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE et al., 2001), o potencial eólico do Brasil é de 143,5 GW (estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s), sendo as regiões nordeste, sudeste e sul as que apresentam melhores condições de velocidade do vento (Figura 2). Al-Yahyai et al. (2010) consideram que para aproveitar ao máximo a energia eólica, o aerogerador deve ser instalado em local com velocidade do vento constantemente alta.

Na região sul, o potencial eólico é de 22,8 GW, porém em cada localidade determinada, a capacidade de produção de energia eólica vai variar a depender das condições de vento. Sendo assim, o primeiro passo para obter a viabilidade da geração de energia elétrica em determinado local é a caracterização do vento, em termos de velocidade e direção (LIMA; BEZERRA FILHO, 2010). Com esses dados, e conhecendo as características do equipamento a ser utilizado, é possível estimar o potencial de geração de energia.

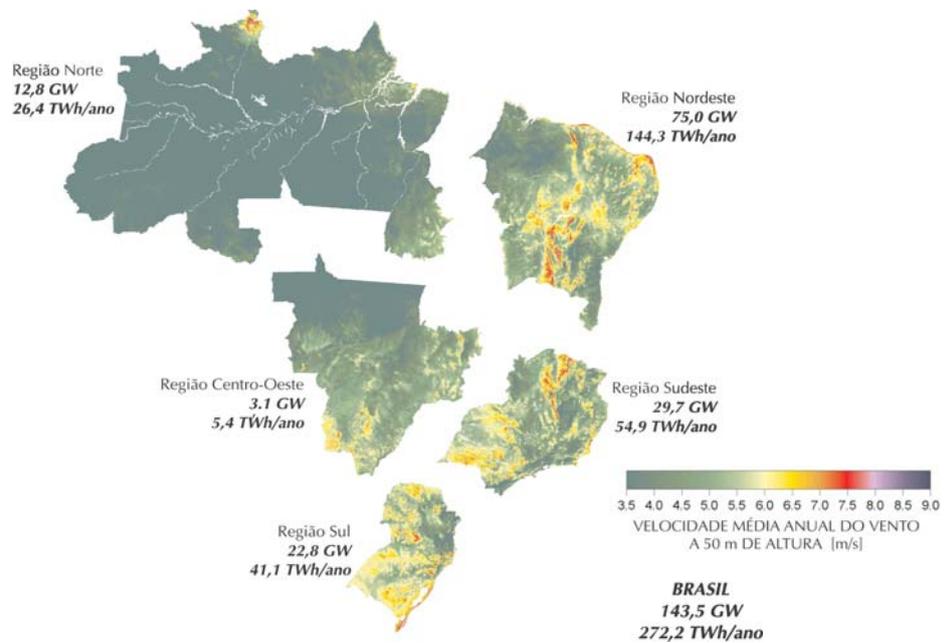


Figura 2. Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s. (Fonte: AMARANTE et al., 2001)

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é estimar o potencial de geração de energia eólica em uma residência na cidade de Urubici, Santa Catarina.

3. LOCAL DO ESTUDO

A cidade de Urubici (28°00'58" Sul, 49°35'30" Oeste) está localizada no estado de Santa Catarina, no planalto serrano, a 915m acima do nível do mar (Figura 3). O clima de Urubici é subtropical e a temperatura média anual é de 16°C. A Serra Catarinense é a região mais fria do Brasil e é o único lugar do país onde neva todos os anos, mesmo que por poucos dias, durante o inverno. A edificação para qual o estudo é proposto é uma residência unifamiliar de alto padrão em Urubici, com consumo mensal de energia estimado em 300 kWh.

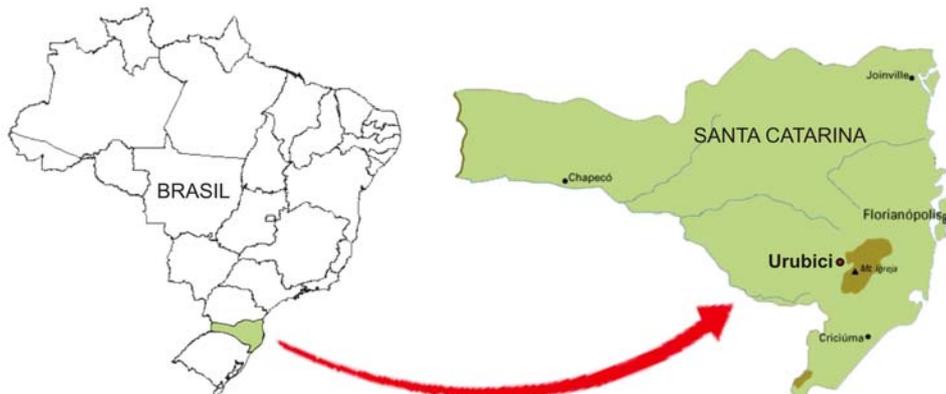


Figura 3. Mapa de localização – Urubici-SC.

4. MÉTODO

A partir de dados climáticos é possível estimar a quantidade de energia que pode ser produzida nessa localidade, com determinado equipamento. Para estimar o potencial de geração de energia eólica em uma residência da cidade de Urubici, é necessário analisar as características locais do vento (direção, velocidade) e o comportamento de aerogeradores selecionados nas condições dadas.

Para este estudo, foram obtidos dados horários de direção e velocidade do vento na cidade, referentes aos anos de 2003 a 2009, provenientes da estação meteorológica do INMET em Urubici. Pesquisadores

como Al-Yahyai et al. (2010) destacam o uso de dados horários como fator importante para que o potencial eólico não seja subestimado. Porém, a estação meteorológica localiza-se fora da área urbanizada de Urubici, de forma que os resultados são aproximados e não devem ser generalizados para todo o município.

A Figura 4 mostra as velocidades médias e máximas mensais do vento para o ano 2009. O sensor da estação meteorológica do INMET fica posicionado a 10 metros de altura. A partir dos dados horários de direção do vento, foram estabelecidas as direções dominantes do vento.

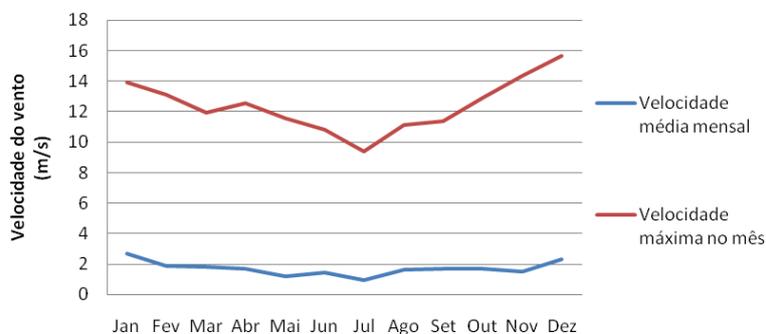


Figura 4. Velocidades médias e máximas mensais do vento referentes ao ano 2009.

Tendo em vista que as velocidades de vento variam de acordo com a altura, e considerando que a altura de instalação dos aerogeradores é diferente da altura de medição, foi feita uma correção nos valores de velocidade obtidos. Uma das formas de descrever o perfil das variações de velocidade é usando a lei logarítmica, expressa na Equação 1 (CARVALHO, 2003).

$$V(h) = V_{ref} \frac{\ln(h / z_0)}{\ln(h_{ref} / z_0)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V é a velocidade de vento calculada na altura h (m/s);

h é a altura na qual se deseja saber a velocidade do vento (m);

h_{ref} é a altura de referência de medição da velocidade do vento(m);

V_{ref} é a velocidade do vento medida nessa altura de referência (m/s);

z_0 é a rugosidade (m).

O valor da rugosidade depende do tipo de terreno, e indica a que altura a velocidade do vento é nula. Considera-se para este estudo um terreno com vegetação relativamente densa, com muitas árvores e arbustos. A rugosidade z_0 equivale então a 0,2 metros, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Valores para rugosidade em função do tipo de terreno (Fonte: CARVALHO, 2003)

Tipo de Terreno	z_0 (m)
Lagos, mar aberto	0,0001
Superfícies com areia (lisa)	0,0003
Superfícies com neve (lisa)	0,001
Pradaria, campo	0,01
Vegetação rasteira	0,1
Muitas árvores e/ou arbustos	0,2
Subúrbios	0,5
Cidade, Floresta	1,0

Dois modelos de aerogeradores foram escolhidos para as análises: o modelo Gerar 246 (da Enersud, empresa brasileira sediada no Rio de Janeiro), e o *Skystream 3.7* (da empresa estadunidense *Southwest Windpower*, distribuída no Brasil pela *Go Nature*), cujas especificações estão indicadas na Tabela 2.

Tabela 2. Especificações dos modelos analisados.
(Fontes: ENERSUD, 2010; WIND POWER, 2010)

Modelo	GERAR 246	SKYSTREAM 3.7
Diâmetro (m)	2,46	3,72
Altura da instalação (m)	15	15
Potência nominal	1000W a 12m/s	1900W a 9m/s
Potência máxima	1300W a 13,5 m/s	2600W a 13,5 m/s
Início de geração (m/s)	3	3
Número de pás	3	3
Material das pás	Fibra de vidro	Fibra de vidro reforçada
Proteção para altas velocidades	Controle de passo	Regulador eletrônico de freio
Tensão de saída (V)	12/24/48/220	120/240
Peso total (kg)	30	77
Preço aerogerador (R\$)	5.990,00	23.990,00
Preço inversor (R\$)	14.000,00	-
Preço total (R\$)	19.990,00	23.990,00

O modelo *Gerar 246* (Figura 5) tem potência nominal de 1000 Watts (gerados a 12m/s), enquanto o *Skystream 3.7* (Figura 7) apresenta uma potência nominal de 1900 Watts a 9m/s. As Figuras 6 e 8 mostram as curvas de potência em função da velocidade do vento, respectivamente, para o modelo *Gerar 246* e para o *Skystream 3.7*, fornecidas pelos fabricantes.



Figura 5. Foto do *Gerar 246*.



Figura 6. Curva de potência do *Gerar 246* em função da velocidade do vento.



Figura 7. Foto do *Skystream 3.7*.



Figura 8. Curva de potência do *Skystream 3.7* em função da velocidade do vento.

4.1. Análise mensal para os anos 2003 a 2009

Para os anos de 2003 a 2009, foram feitas análises para os dois modelos de aerogeradores. O potencial de geração dos modelos analisados é determinado de um lado pelas características de geração do modelo em si, e de outro pela disponibilidade de vento. É preciso saber qual é a potência produzida pela turbina para uma determinada velocidade do vento para estimar a produção de energia real do aerogerador. Considerando que os gráficos disponíveis (Figuras 6 e 8) indicam a potência produzida em kW em função da velocidade do

vento em m/s, é possível estimar a energia gerada em um determinado intervalo de tempo. Para obter resultados em kWh optou-se por analisar valores horários de velocidade do vento.

Sendo assim, o potencial de geração de energia eólica para a cidade de Urubici foi determinado a partir de valores horários de velocidade de vento, corrigidos em função da diferença entre a altura de medição e a altura de instalação, e das curvas de potência dos dois modelos de aerogeradores escolhidos. As curvas de geração foram divididas em diversos trechos, conforme as Figuras 9 e 10, para poder determinar as funções correspondentes de forma mais simples. Obteve-se então, usando o programa Excel, as funções referentes à energia gerada por cada modelo em função de velocidades do vento específicas.

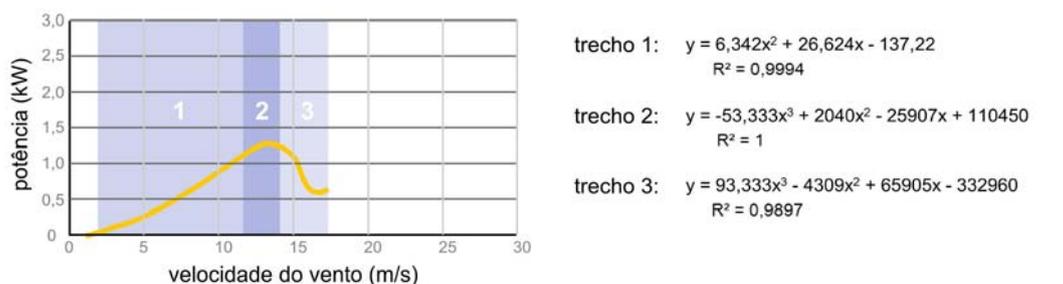


Figura 9. Curva de potência do *Gerar 246* dividida em diferentes funções.

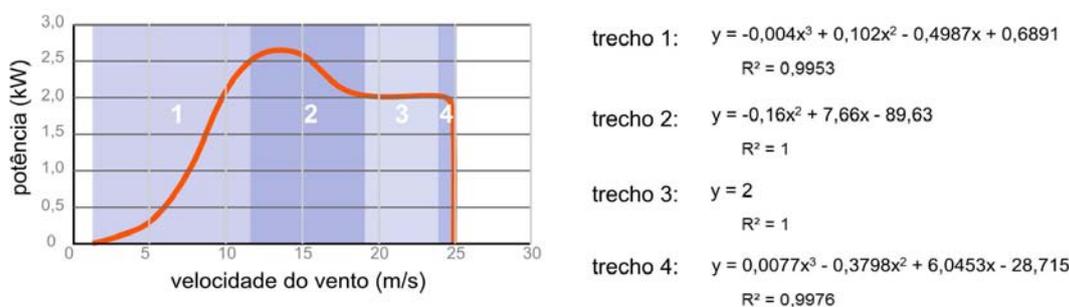


Figura 10. Curva de potência do *Skystream 3.7* dividida em diferentes funções.

Foram analisados os dados de velocidade do vento por hora, de 2003 a 2009, e calculados valores horários de energia que poderia ser gerada (em kWh) por meio de cada um dos aerogeradores escolhidos. A partir desses valores, somando os dados horários em cada mês, foram calculadas as gerações mensais de energia (kWh) de cada aerogerador. A Tabela 3 apresenta as médias anuais de velocidade do vento para os anos analisados.

Tabela 3. Médias anuais de velocidade do vento (m/s).

2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
1,71	1,99	1,85	1,70	1,46	1,55	1,97

4.2. Análise diária para o ano 2009

Uma análise mais detalhada foi realizada apenas para o ano de 2009, escolhido por apresentar o menor desvio padrão e baixos valores de velocidade do vento, sendo um dos piores casos para geração eólica. Para este ano foram então estabelecidos valores diários de energia gerada (em kWh), permitindo uma análise mais minuciosa dos padrões de geração. O aerogerador modelo *Skystream 3.7* foi escolhido para as análises diárias, por apresentar uma potência de geração superior e por não necessitar do acréscimo de um inversor, o que faz com que seu preço seja semelhante ao do modelo *Gerar 246*, de potência duas vezes inferior.

5. RESULTADOS

As direções dominantes do vento foram estabelecidas a partir dos dados horários de direção do vento, conforme o exemplo mostrado na Figura 11. A análise dos dados demonstra que os ventos Norte e Sudoeste são os principais em Urubici. Considerando a forte predominância destas orientações de vento, com uma ocorrência três vezes maior que das outras (exceto Oeste-Sudoeste), é fundamental evitar as obstruções de entorno nessas direções para que o aerogerador apresente um desempenho otimizado.

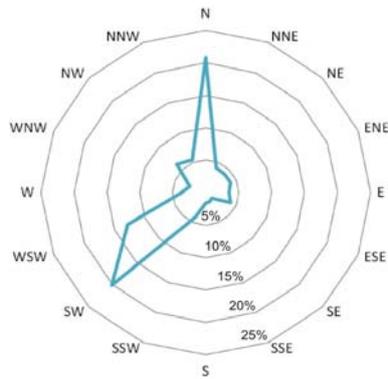


Figura 11. Percentual de ocorrência das direções do vento para o ano de 2009.

5.1. Estimativa da geração mensal para os anos 2003 a 2009

As Figuras 12 a 25 mostram os resultados mensais de estimativa de geração de energia eólica para cada ano estudado (2003 a 2009) com os modelos *Gerar 246* e *Skystream 3.7*. Através dos resultados obtidos, observou-se uma maior produção de energia em ambos os modelos de aerogeradores entre os meses de agosto e fevereiro, porém com algumas altas produções em alguns anos nos meses de maio ou junho. Isso se dá pela maior velocidade dos ventos apresentada nesses meses.

Diante do inconstante comportamento dos ventos, a geração de energia pelos aerogeradores apresenta variações significativas ao longo dos meses e dos anos. A produção do *Gerar 246* variou de 3,52 kWh/mês a 74,85 kWh/mês enquanto a do *Skystream 3.7* variou de 6,24 kWh/mês a 172,98 kWh/mês.

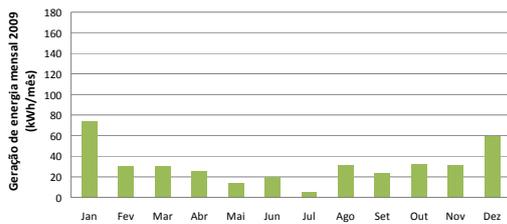


Figura 12. Modelo *Gerar 246* (1kW) – ano de 2009.



Figura 13. Modelo *Skystream 3.7* (1,9 kW) – ano de 2009.

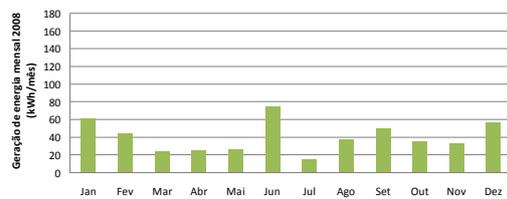


Figura 14. Modelo *Gerar 246* (1kW) – ano de 2008.

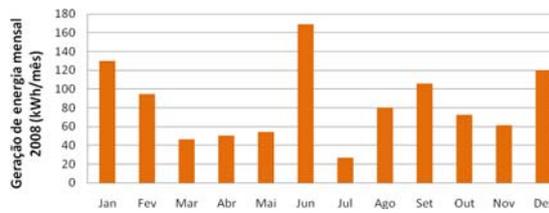


Figura 15. Modelo *Skystream 3.7* (1,9 kW) – ano de 2008.

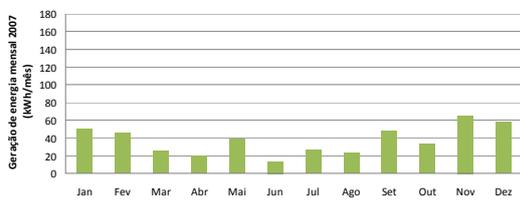


Figura 16. Modelo *Gerar 246* (1kW) – ano de 2007.

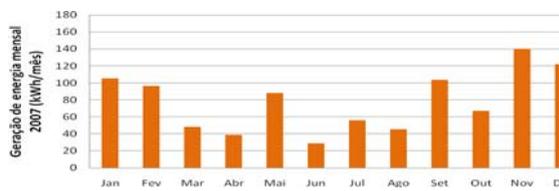


Figura 17. Modelo *Skystream 3.7* (1,9 kW) – ano de 2007.

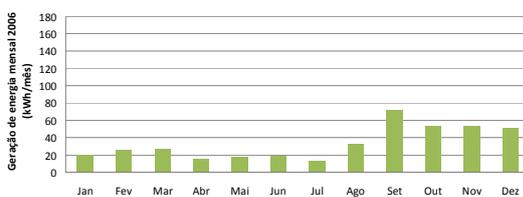


Figura 18. Modelo *Gerar 246* (1kW) – ano de 2006.

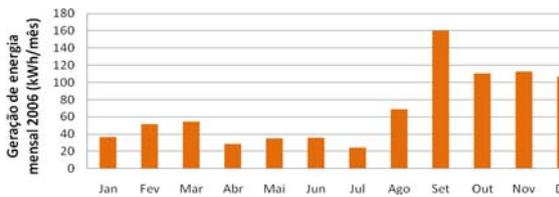


Figura 19. Modelo *Skystream 3.7* (1,9 kW) – ano de 2006.

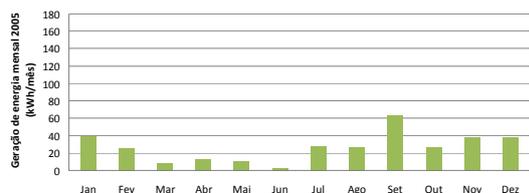


Figura 20. Modelo Gerar 246 (1kW) – ano de 2005.

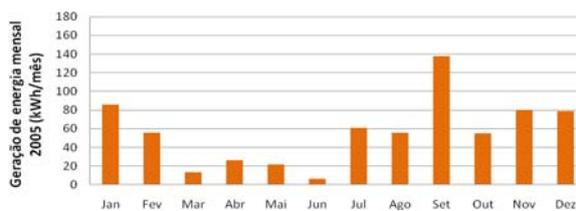


Figura 21. Modelo Skystream 3.7 (1,9 kW) – ano de 2005.

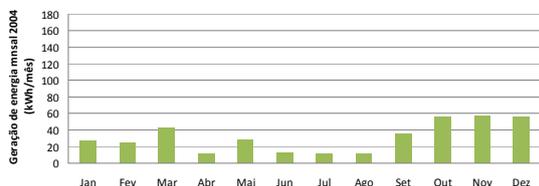


Figura 22. Modelo Gerar 246 (1kW) – ano de 2004.



Figura 23. Modelo Skystream 3.7 (1,9 kW) – ano de 2004.

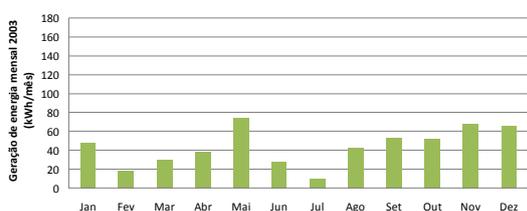


Figura 24. Modelo Gerar 246 (1kW) – ano de 2003.

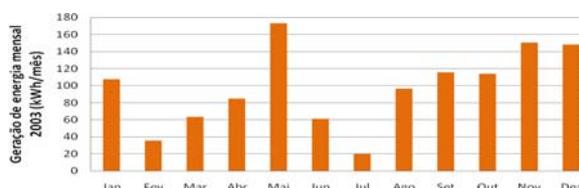


Figura 25. Modelo Skystream 3.7 (1,9 kW) – ano de 2003.

A Tabela 4 mostra a estimativa de geração de energia para cada ano estudado. Na média, o modelo Gerar 246 produziu 420,67 kWh por ano e o modelo Skystream 3.7 produziu 886,62 kWh por ano. A diferença entre os modelos Skystream 3.7 e Gerar 246 tem uma relação constante, já que o primeiro gera aproximadamente o dobro de energia em relação ao segundo.

Tabela 4. Geração anual estimada de energia (kWh).

Modelo (potência)	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	Média dos 7 anos
Gerar 246 (1kW)	379,30	484,67	447,35	403,22	322,51	374,56	533,11	420,67
Skystream 3.7 (1,9kW)	773,32	1011,74	939,89	824,28	676,78	809,98	1170,34	886,62

5.2. Estimativa da geração diária para o ano 2009

Como há grande variação ao longo dos meses, foi analisada também a produção diária do aerogerador Skystream 3.7 para o ano de 2009. Os gráficos para todos os meses do ano 2009 são mostrados nas Figuras 26 a 37. Percebe-se novamente grande variação na geração de energia. Nesse ano, a maior produção diária de energia ocorreu no dia 4 de janeiro (Figura 26), quando o aerogerador conseguiu produzir 20,63 kWh/dia. No entanto, durante todo o ano são muito comuns os dias em que não há quase nenhuma produção de energia, ou até mesmo nenhuma produção, como acontece principalmente no mês de julho (Figura 32).

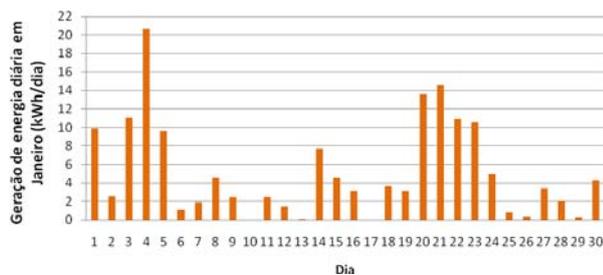


Figura 26. Modelo Skystream 3.7 (1,9kW) – Jan/2009.

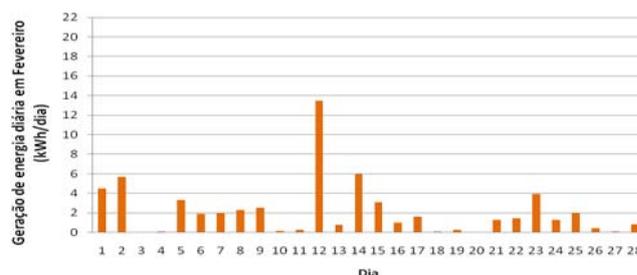


Figura 27. Modelo Skystream 3.7 (1,9kW) – Fev/2009.

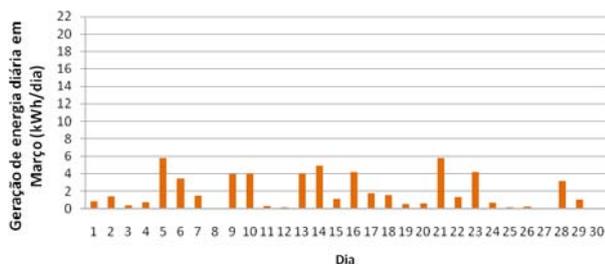


Figura 28. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Mar/2009.

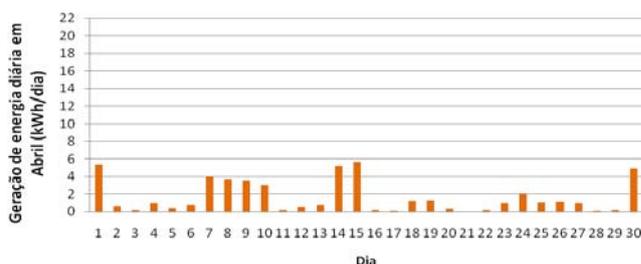


Figura 29. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Abr/2009.

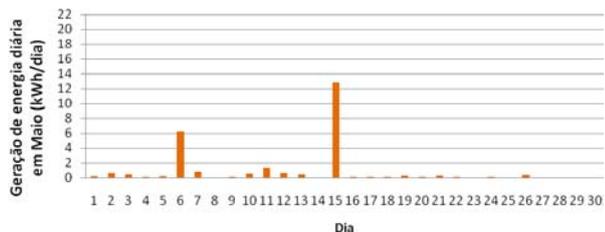


Figura 30. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Mai/2009.

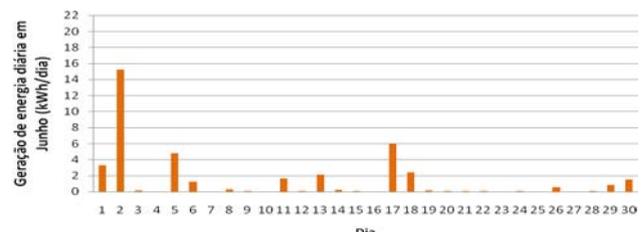


Figura 31. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Jun/2009.

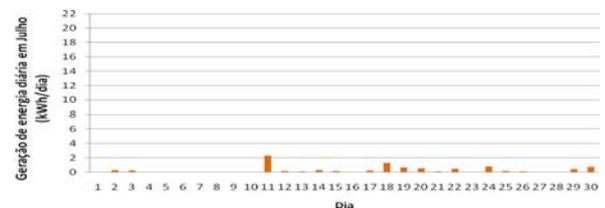


Figura 32. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Jul/2009.

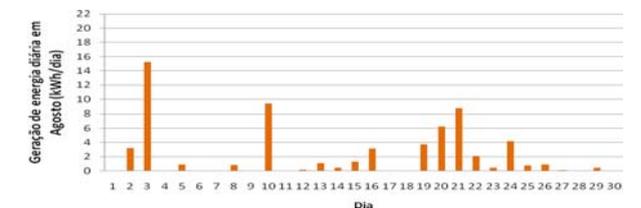


Figura 33. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Ago/2009.

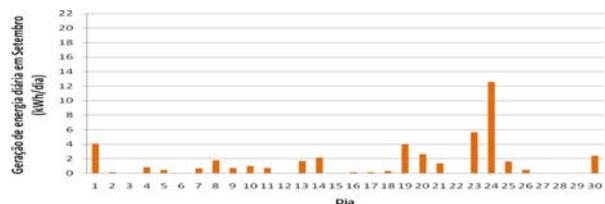


Figura 34. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Set/2009.

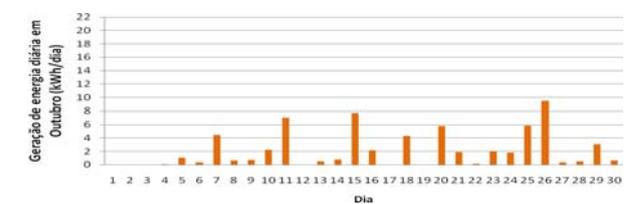


Figura 35. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Out/2009.

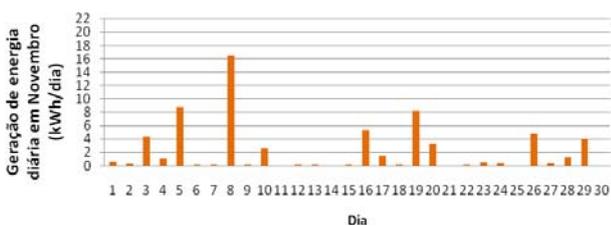


Figura 36. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Nov/2009.

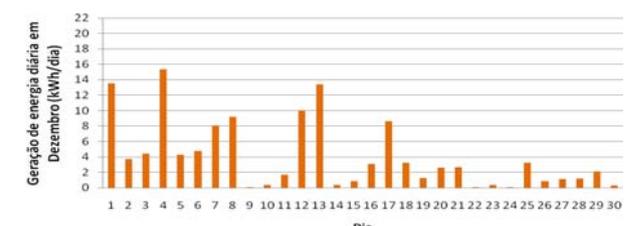


Figura 37. Modelo *Skystream 3.7* (1,9kW) – Dez/2009.

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos através das análises, algumas conclusões podem ser observadas.

Quanto à viabilidade do uso da energia eólica em uma residência localizada na cidade de Urubici-SC, verificou-se que a produção máxima mensal de energia gerada pelos aerogeradores estudados chegaria a 173 kWh/mês. Considerando um consumo médio de 300 kWh/mês na residência, a energia eólica estimada atenderia aproximadamente a metade da demanda nos meses de maior produção.

A geração média anual do aerogerador com maior produção foi de 886,62 kWh por ano, o que atenderia quase 3 meses de consumo da residência. Sendo assim, somente a energia gerada por um aerogerador não seria suficiente para suprir adequadamente a residência em questão. Seria necessário um conjunto de aerogeradores para que a demanda fosse atendida.

Sistemas de energia eólica são hoje utilizados como sistemas complementares de geração de energia, o que abre a possibilidade de produção de energia conjunta com alguma outra fonte, renovável ou não. Considerando a irregularidade de geração do caso analisado e os valores de energia produzida, recomendar-se-ia o uso da energia eólica como fonte complementar de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-YAHYAI, S.; CHARABI, Y.; GASTLI, A.; AL-ALAWI, S. Assessment of wind energy potential locations in Oman using data from existing weather stations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.1428–1436, 2010.
- AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME / Eletrobras / CEPEL, 2001.
- ARAUJO, M. S. M.; FREITAS, M. A. V. Acceptance of renewable energy innovation in Brazil – case study of wind energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.12, p.584-591, 2008.
- CARVALHO, P. **Geração eólica**. Imprensa Universitária. Universidade Federal de Pernambuco, Fortaleza, Brasil, 2003.
- ENERSUD. **Gerar246**. Disponível em: <<http://www.enersud.com.br/produtos.asp>>. Acesso em out. 2010.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2010: Ano Base 2009**. Rio de Janeiro: EPE, 2010.
- ILKILIÇ, C.; TÜRKBAŞI, I. Determination and utilization of wind energy potential for Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.2202–2207, 2010.
- KEYHANI, A.; GHASEMI-VARNAMKHAHI, M.; KHANALI, M.; ABBASZADEH, R. An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran, Tehran. **Energy**, v.35, p.188–201, 2010.
- LIMA, L. A.; BEZERRA FILHO, C. R. Wind energy assessment and wind farm simulation in Triunfo and Pernambuco, Brazil. **Renewable Energy**, v.35, p.2705-2713, 2010.
- MABEL, M. C.; FERNANDEZ, E. Growth and future trends of wind energy in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.12, p.1745–1757, 2008.
- MCINTYRE, J. H.; LUBITZ, W. D.; STIVER, W. H. Local wind-energy potential for the city of Guelph, Ontario (Canada). **Renewable Energy**, v.36, p.1437-1446, 2011.
- MITHRARATNE, N. Roof-top wind turbines for microgeneration in urban houses in New Zealand. **Energy and Buildings**, v.41, p.1013-1018, 2009.
- OUAMMI, A.; DAGDOUGUI, H.; SACILE, R.; MIMET, A. Monthly and seasonal assessment of wind energy characteristics at four monitored locations in Liguria region (Italy). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p.1959–1968, 2010.
- PEACOCK, A.D.; JENKINS, D.; AHADZI, M.; BERRY, A.; TURAN, S. Micro wind turbines in the UK domestic sector. **Energy and Buildings**, v.40, p.1324–1333, 2008.
- WIND POWER. **Skystream 3.7**. Disponível em: <http://www.windpowerbrasil.com/produto_detalhe.php?id=53>. Acesso em out. 2010.