

Estação Antártica Comandante Ferraz: alternativas energéticas para sustentabilidade

Tiago Malavazi de Christo (1), Jussara Farias Fardin (2), Domingos Sávio Lyrio Simonetti (3) e Cristina Engel de Alvarez (4)

(1) Laboratório de Eletrônica de Potência, UFES, Brasil. E-mail: tmalavazi@ifes.edu.br

(2) Departamento de Engenharia Elétrica, UFES, Brasil. E-mail: jussara@ele.ufes.br

(3) Departamento de Engenharia Elétrica, UFES, Brasil. E-mail: domingos@ufes.br

(4) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFES, Brasil. E-mail: engelalvarez@hotmail.com

Resumo: Este trabalho estuda o uso de fontes renováveis de energia e cogeração na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e os consequentes ganhos ambientais e energéticos. **Introdução:** Na EACF o uso de combustíveis fósseis para produzir energia configura-se como elemento preocupante, especialmente considerando a fragilidade ambiental da Antártica e o status de laboratório natural. Dessa forma, parte-se da hipótese da viabilidade e exequibilidade no uso de cogeração e fontes renováveis de energia visando a redução nos níveis de emissões de poluentes atmosféricos oriundos da queima dos combustíveis fósseis. **Objetivo:** Estudo de uma matriz energética híbrida para a EACF. **Método/Abordagens:** Considerando as especificidades locais pesquisou-se as tecnologias utilizadas por outras estações antárticas, seguida da análise energética da EACF, sua infra-estrutura elétrica e perfil de cargas. Avaliou-se o sistema de geração de energia e aquecimento de água, estudo do potencial eólico e potencial uso de cogeração nos Diesel-geradores. **Resultados:** A EACF é exclusivamente dependente do Diesel, consumindo cerca de 1000 litros/dia. A Estação situa-se em localização promissora ao uso de energia eólica e, ao mesmo tempo, o calor irradiado pelos Diesel-geradores pode ser aproveitado para aquecimento da água e calefação, com potencial de redução do consumo em mais de 10%, ampliando a autonomia e reduzindo as emissões. A opção por uma matriz energética diversificada é uma solução de sucesso em todos os casos das estações antárticas estudadas, porém é necessário o desenvolvimento de um sistema de gestão energética que se adéque às características da EACF e à cultura de seus ocupantes. **Contribuições/Originalidade:** A pesquisa contribui na busca do desenvolvimento sustentável da EACF, através da possível redução de emissões e riscos ambientais, com o consequente aumento da autonomia da Estação.

Palavras-chave: Antártica, energias renováveis, cogeração, emissões.

Abstract: This paper studies the use of renewable energy and cogeneration in Antarctic Station Comandante Ferraz (EACF) and the consequent environmental and energy gains. **Introduction:** In EACF the use of fossil fuels to produce energy is configured as an element of concern, especially considering the fragile environment of Antarctica and the status of natural laboratory. Thus, it starts with the assumption of feasibility and practicality in the use of cogeneration and renewable energy sources in order to reduce emissions of air pollutants from burning fossil fuels. **Objective:** Study of a hybrid energy matrix for EACF. **Methods / Approaches:** Considering the specificity of the location, a research was conducted on the technologies used by other Antarctic stations, followed by energy analysis of the EACF, its infrastructure and profile of electrical loads. We evaluated the system of power generation and water heating, wind power and study the potential use of cogeneration in Diesel generators. **Results:** EACF is solely dependent on Diesel fuel, consuming about 1000 liters / day. The station is located in a promising position regarding the use of wind power and at the same time, the heat radiated by the Diesel generators can be used to heat water and the station interior, with the potential to reduce consumption by more than 10%, widening the autonomy and reducing emissions. The choice of a diversified energy matrix is a successful solution in all cases studied Antarctic stations, but it is necessary to develop an energy management system that closely fits the characteristics of EACF and culture of its occupants. **Contributions / Originality:** The research contributes to the pursuit of sustainable development of EACF through the possible reduction of emissions and environmental risks, with a consequent increase in the autonomy of the Station.

Keywords: Antarctica, renewable energy, cogeneration, emissions.



VITÓRIA2011

1. INTRODUÇÃO

Na Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF, o uso exclusivo de combustíveis fósseis para a produção de energia configura-se como um elemento preocupante na busca pela redução do impacto ambiental e da necessidade de otimização dos sistemas instalados. Atualmente, os quatro geradores instalados, cada um com capacidade de 240 kVA, garantem plena segurança na operação. No entanto, são geradores cuja máquina primária é um motor Diesel, levando à emissão de gases poluentes, alto consumo de combustíveis fósseis.

Para o aquecimento da estação existem duas caldeiras a Diesel com capacidade de 120.000 kcal/h cada, sendo responsáveis por cerca de 20% do consumo de combustível da estação.

Considerando a fragilidade ambiental da Antártica e o *status* de laboratório natural, torna-se necessário buscar soluções visando a redução nos níveis de emissão de CO₂ partindo-se da hipótese da viabilidade e exequibilidade para a aproveitamento do calor útil perdido pelos motores geradores, bem como na proposta de uso de fontes renováveis de energia.

Estas soluções se apresentam particularmente atrativas, pois diversificam a matriz energética, reduzem o impacto causado pela geração de resíduos, além de diminuir o consumo de Diesel.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é investigar alternativas energéticas para a busca pela sustentabilidade na EACF, estudando uma matriz energética híbrida e sua colaboração para a redução de emissões, aumento de eficiência na geração e autonomia da estação.

3. METODOLOGIA

Será apresentado neste item a forma de condução do estudo de alternativas energéticas, partindo da pesquisa de tecnologias utilizadas em outras estações antárticas, diagnóstico energético da EACF, estudo do processamento de resíduos sólidos orgânicos, levantamento do potencial de cogeração nos motores dos geradores e simulação do uso de fontes renováveis de energia.

3.1. Tecnologias utilizadas por outras estações antárticas

A fim de conhecer as tecnologias e alternativas energéticas utilizadas em estações antárticas, foram realizadas uma pesquisa bibliográfica e visitas técnicas as estações do Brasil, Polônia, além de um refúgio Norte-Americano.

3.2. Diagnóstico energético

Para o desenvolvimento do estudo de uma matriz energética para a EACF, faz-se necessário o conhecimento do perfil de consumo da estação. Dessa forma, fora registrado o consumo de energia elétrica durante uma semana e realizados registros em diversas áreas consumidoras. Com esses dados foi possível avaliar características de demanda, consumo e qualidade da energia elétrica.

3.3. Resíduos sólidos orgânicos

Os resíduos sólidos, dependendo de suas características, podem ser incinerados ou processados em um sistema de Digestão Anaeróbia (DA) a qual consiste em um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio. Primeiro ocorre a conversão de orgânicos complexos em materiais como ácidos voláteis, e depois a conversão destes ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos: o metano e o gás carbônico (Reichert *et al*, 2005).

A EACF conta com um exemplar sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos, com a separação de papéis, plásticos, vidros, metais, orgânicos e materiais perigosos/contaminantes. Dentre os resíduos



sólidos produzidos pela EACF, a categoria orgânicos é responsável por cerca de 50% e o restante são resíduos como papel, plástico, metal e vidro (Alvarez *et al*, 2007). Com os dados de massa de resíduos orgânicos gerados por dia foi realizado o estudo de viabilidade do aproveitamento destes resíduos na geração de energia elétrica.

3.4. Cogeração

A cogeração de energia consiste no aproveitamento da produção simultânea de duas ou mais formas de energia a partir de uma mesma fonte energética. Neste tipo de aproveitamento, o calor liberado por um processo pode ser capturado e utilizado diretamente ou convertido em eletricidade. Essa tecnologia reflete no benefício econômico da redução de custos em combustíveis e também em benefícios ambientais como a redução de emissões de poluentes.

A Figura 1 mostra o balanço térmico típico de plantas de geração a Diesel. Pelo gráfico da Figura 1 observa-se que com o aproveitamento do calor útil do motor, é possível dobrar a eficiência global do sistema.

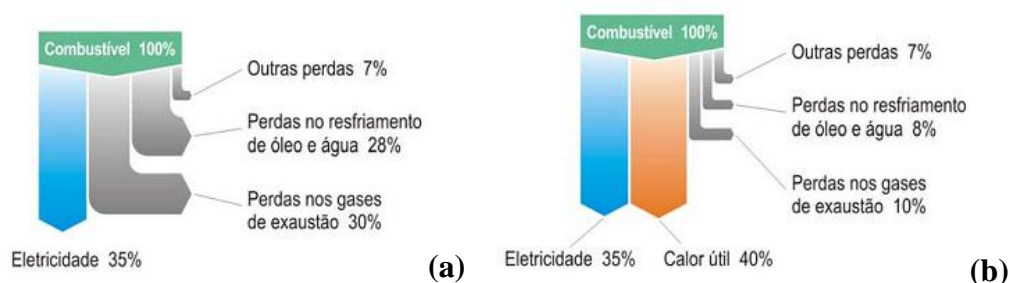


Figura 1- Balanço térmico típico de plantas de geração a Diesel, sem cogeração(a) e com cogeração(b). (Nogueira *et al*, 2004).

Na EACF, o calor liberado pelos motores Diesel dos geradores e pelo processo de incineração pode ser usado no aquecimento ou na geração de energia. Para as análises de cogeração, foram utilizados os registros de consumo de Diesel na EACF cedidos pela Marinha do Brasil.

3.5. Fontes renováveis: geração eólica e painéis fotovoltaicos

Na EACF, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (Projeto de Meteorologia Antártica, 2010) mantém um laboratório e um banco de dados, incluindo velocidades dos ventos e radiação solar.

A emissão de CO₂, seja direta ou indiretamente, na geração de energia elétrica quando a geração é a partir de óleo combustível está estimada entre 550 a 946g/kWh enquanto a geração eólica emite entre 10 e 38g/kWh e a solar entre 78 e 217g/kWh (Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2010). A partir dessas informações é possível levantar a expectativa de redução de emissões mantendo o atendimento ao consumo de energia da Estação.

4. RESULTADOS

4.1. Tecnologias utilizadas por outras estações antárticas

Algumas estações antárticas tais como a Estação Mawson (Australiana) e a Estação Princesa Elizabeth (Belga), apresentam matriz energética incluindo energia eólica e solar. A estação belga, inaugurada em fevereiro de 2009, é considerada como a primeira com emissão zero.

A Estação Princesa Elizabeth utiliza um sistema híbrido de geração elétrica constituído por um sistema eólico com 9 turbinas de vento, 379,5 m² de placas solares, 22 m² de placas de aquecimento solar e dois geradores a Diesel para emergência (Belgian Antarctic Station Web Site, 2009). A Figura 2 mostra a

participação das fontes de geração de energia e o total de energia consumida por mês durante um ano. Pela Figura 2 observa-se que o gerador foi utilizado em apenas 3 meses do ano.

A Figura 3 apresenta a tela de monitoramento remoto da Estação Mawson. No momento da coleta da imagem, a tela apresenta a informação de que no mês anterior a estação deixou de emitir 76 toneladas de CO₂.

O clima na região da EACF é sujeito a rajadas de ventos (15/Out/2010 178 km/h) e a turbina eólica deve ser capaz de lidar com esta situação sem sofrer danos. Já existe tecnologia para este tipo de aplicação, como a tecnologia utilizada na estação Princesa Elizabeth que possui aerogeradores Proven 7, capazes de suportar ventos de até 250 Km/h (Proven Energy wind turbines Web Site, 2011).

- Renewable energy fraction > 95%
- Remaining yearly fuel consumption (except transport) < 2500 liters

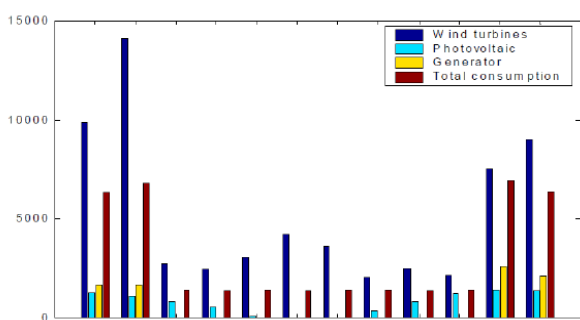


Figura 2 - Participação das fontes de geração na Estação Belga.(Belgian Antarctic Station Web Site, 2009)

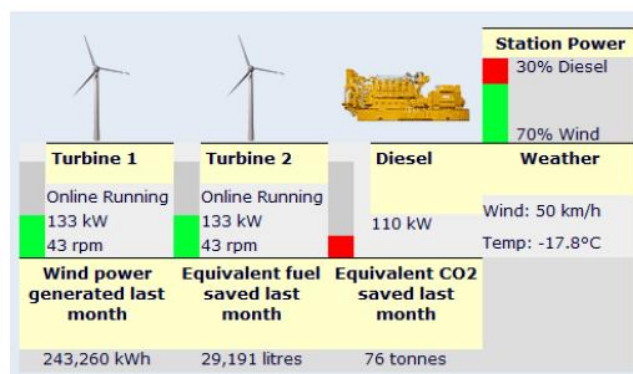


Figura 3 - Tela de monitoramento dos sistemas de geração elétrica da Estação Mawson.(Mawson Station Electrical Energy Web Site, 2009)

4.2. Diagnóstico energético

De 11/03/2011 a 17/01/2011, fora registrado dados de consumo de energia elétrica da EACF . O diagnóstico energético mostrou que a demanda de potência elétrica na estação varia em sua maior parte de 110kW a 160kW e que o consumo médio diário de energia elétrica situa-se em torno de 3,2MWh. A Figura 4 mostra o consumo diário de energia elétrica no período de 11 a 17 de janeiro de 2011 e a Figura 5 apresenta o consumo por fase para o mesmo período. A qualidade de energia elétrica nos gerador apresentou valores adequados.

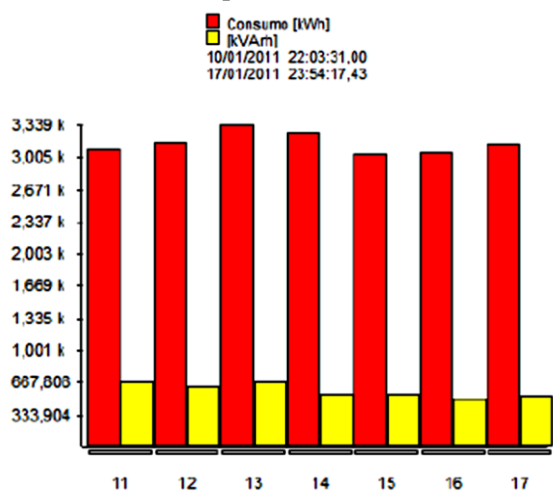


Figura 4 - Consumo diário de energia elétrica na EACF, no período de 11 a 17 de janeiro de 2011.

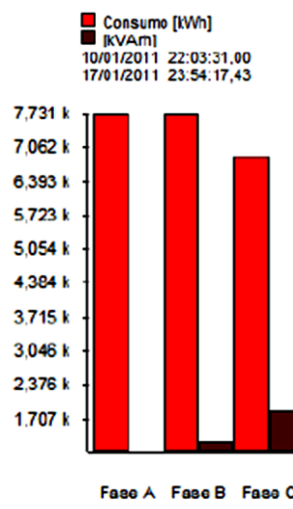


Figura 5 - Consumo de energia elétrica por fase, no período de 11 a 17 de janeiro de 2011.

4.3. Resíduos sólidos orgânicos

O aproveitamento de resíduos sólidos para geração de energia elétrica, de acordo com Reichert (Reichert *et al*, 2005), é aplicável para média e grande escala, mas é possível aplicá-la de forma sustentável para pequenas comunidades. Hessami (Hessami *et al*, 1996) descrevem um reator anaeróbio desenvolvido para uma comunidade de 500 pessoas, com um volume de 9,0 m³ e capacidade para 260 kg/dia (densidade de 900 kg/m³). A produção de biogás esperada é de 8,0 m³/dia e geração de energia de 45 kWh/dia.

Os dados levantados no período de 30 dias distribuídos entre os meses de novembro de 2006 a março de 2007 mostram que neste período foram gerados 1.155,63 kg de resíduos chegando a 0,62 kg/hab/dia, somente considerando o processo de produção e consumo de alimentos. Na EACF, todo resíduo orgânico é incinerado e o restante é enviado para o Brasil (Alvarez *et al*, 2007). Os dados atuais dos Relatórios de Resíduos Gerados na EACF, entre dezembro de 2009 e março de 2010, indicam uma média aproximada de 650Kg/mês de resíduo orgânico.

Embora os resultados para a quantidade de resíduos gerados pela EACF induzam ao descarte desse processo para a produção de energia, principalmente pela relação custo x benefício, é importante considerar a possível contribuição ambiental agregada a tal iniciativa, bem como as responsabilidades advindas pela sanção da Nova Lei de Resíduos Sólidos (Web site da câmara dos deputados, 2010).

4.4. Cogeração

No período de junho a dezembro de 2010, foi analisado o percentual de participação no consumo de Diesel dos processos de geração de energia elétrica, aquecimento de água e ar, incineração, viaturas e embarcações. Desse estudo apresenta-se a Tabela 1 e a Figura 6.

Tabela 1 - Distribuição do consumo de Diesel na EACF (Jun-Dez/2010)

PROCESSO		LITROS	%
Geradores	Eletricidade	58878	28,67%
	Energia térmica útil	65420	31,86%
	Perdas	39252	19,11%
Caldeiras		35.830	17,45%
Incinerador		2510	1,22%
Outros		3.460	1,68%
Total		205350	100,00%

Consumo de diesel na EACF (Jun-Dez/2010)

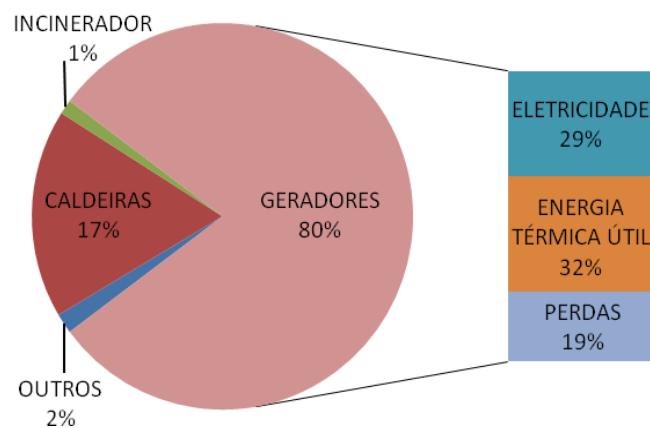


Figura 6- Distribuição do consumo de Diesel na EACF (Jun-Dez/2010).

Observa-se que o percentual de energia térmica útil gerada pelos motores do grupo gerador (32%), é mais que suficiente para suprir as necessidades atuais (17%) de aquecimento de água e ar. Esse fato traduz-se em uma relação direta de redução nas emissões e conseqüente aumento de autonomia da estação.

Destaca-se que o pré-aquecimento da água de consumo oriunda dos lagos de degelo já é feito através do aproveitamento de parte do calor emitido pelos geradores através da passagem do cano de descarga pelo reservatório principal. No entanto, para o maior aproveitamento da energia térmica útil do motor, estuda-se um sistema de cogeração com uso de caldeiras recuperadoras e trocadores de calor a fim de minimizar a necessidade de queima de óleo nas caldeiras existentes na estação.

4.5. Fontes renováveis: geração eólica e painéis fotovoltaicos

4.5.1. Geração Eólica

Foi realizado um estudo da energia que poderia ser gerada na EACF a partir de um aerogerador ENERCON E33 de 330 kW. O estudo utilizou as informações de intensidade e direção dos ventos, disponíveis no CEPTEC (Projeto de Meteorologia Antártica, 2010), programa de análise de ventos WindoGrapher (Web site WindoGraper, 2011) e teoria de cálculo de potência do vento segundo Juan Cádiz (Cádiz Deleito, 1984) e Mukund R. Patel (Patel, 1999). A potência eólica pode ser expressa por:

$$P_{vento} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_{útil} = P_{vento} \cdot \eta_a \cdot \eta_e \cdot \eta_m$$

$$P_{útil} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

Onde:

P_{vento} = potência do Vento

ρ = densidade do ar (kg/m^3)

A = Área do Rotor (m^2)

V = velocidade do vento (m/s)

$P_{útil}$ = potência elétrica útil

η_a = rendimento aerodinâmico

η_e = rendimento elétrico

η_m = rendimento mecânico

C_p = coeficiente de potência

A fim de simular uma turbina ENERCOM E33 operando durante o mês de janeiro de 2009, cruzou-se os dados de intensidade dos ventos com a curva de potência mostrada na Figura 7 utilizando o programa WindoGrapher.

A Tabela 2 apresenta resultado numérico obtido quanto à expectativa de geração de energia eólica e redução de emissões. O resultado gráfico é apresentado na Figura 8.

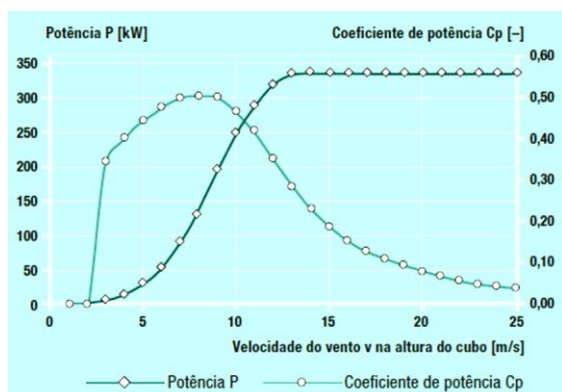


Figura 7 - Curva de de potência e de coeficiente de potência do aerogerador ENERCON E33 330kW (ENERCON, 2011).

Tabela 2 - Resultado de uma composição híbrida (eólica e Diesel) na EACF, para um aerogerador E33, na direção leste, operando durante janeiro de 2009.

SIMULAÇÃO DO USO DE ENERGIA EÓLICA E ÓLEO DIESEL	
Energia total consumida [MWh]	99,2
Energia aproveitável da Geração Eólica [MWh]	43,2
Energia Geração a óleo Diesel [MWh]	56
Redução de emissões	até 43%

A linha tracejada no gráfico da Figura 8 indica a potência que o aerogerador é capaz de fornecer. A área em verde representa a energia consumida pela estação. A área em amarelo representa o excedente de energia eólica e o preenchimento em vermelho representa energia complementar que deve ser gerada por outra fonte para atender a necessidades de consumo da estação.

A simulação mostra que a capacidade geração eólica é em momentos superior a capacidade de consumo e em outros é inferior. Esse fato reflete a necessidade de geração complementar de energia a partir dos geradores a Diesel ou outras fontes de acordo com a variação da oferta de ventos.



Geração de energia elétrica com aerogerador ENERCON E33 - 330 kW (janeiro de 2009)

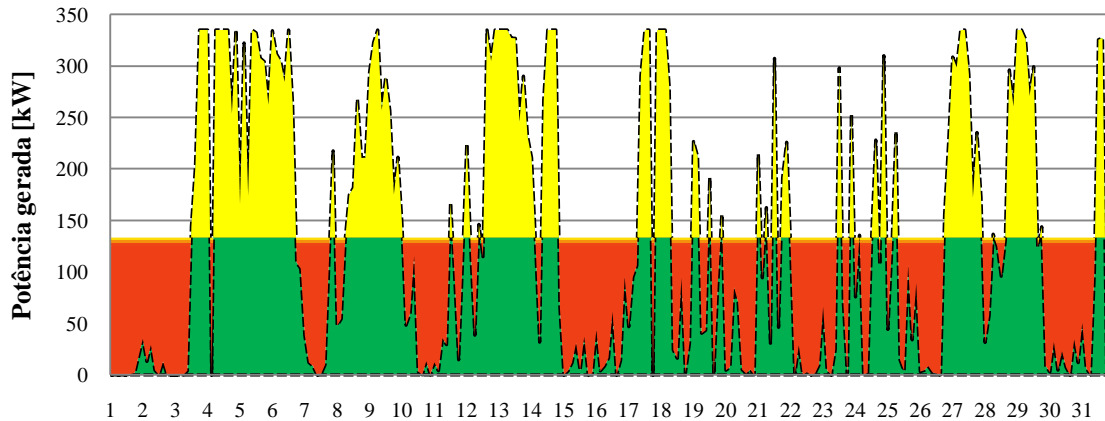


Figura 8 – Geração de energia eólica, referente a janeiro de 2009.

No entanto, na EACF o histórico de velocidade média dos ventos é superior a 5,2 m/s ao longo de todo o ano, isso favorece o uso da energia eólica e possibilita significativa redução de emissões em todos os meses. A Figura 9 apresenta o gráfico de velocidade média mensal do vento na EACF nos últimos 26 anos.

Velocidade Média Mensal do Vento na EACF, 26 anos (1986-2011)

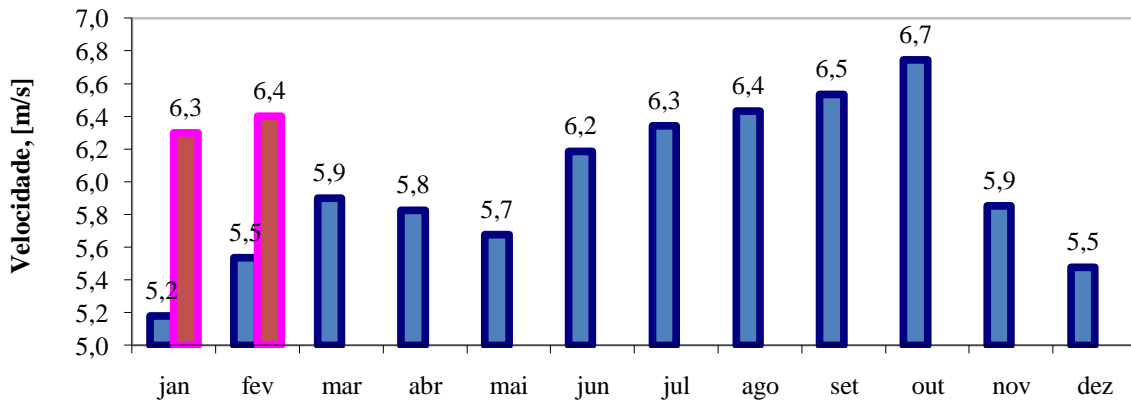


Figura 9 - Gráfico de velocidade média mensal do vento na EACF nos últimos 26 anos (1986-2011) (Projeto de Meteorologia Antártica, 2010).

4.5.2. Painéis fotovoltaicos

A radiação solar média na região da EACF varia significativamente entre os períodos de inverno e verão devido a posição geográfica (latitude:62°05'Sul, longitude:58°23'Oeste). Esse fenômeno leva quase à inoperância da geração por painéis fotovoltaicos no inverno. No entanto, durante o verão, a contribuição desta fonte deve ser considerada.

A Figura 10 mostra os valores de radiação solar durante o mês de janeiro de 2009. Com base nesses dados foi construída a Tabela 3, que apresenta o potencial de energia solar na região em janeiro de 2009.

Foi também realizada a análise da redução de emissão de CO₂ considerando o período em questão e VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - Vitória - ES - BRASIL - 7 a



módulos fotovoltaicos ocupando uma área de 100m². A redução esperada está entre 690 a 1180kg/mês.

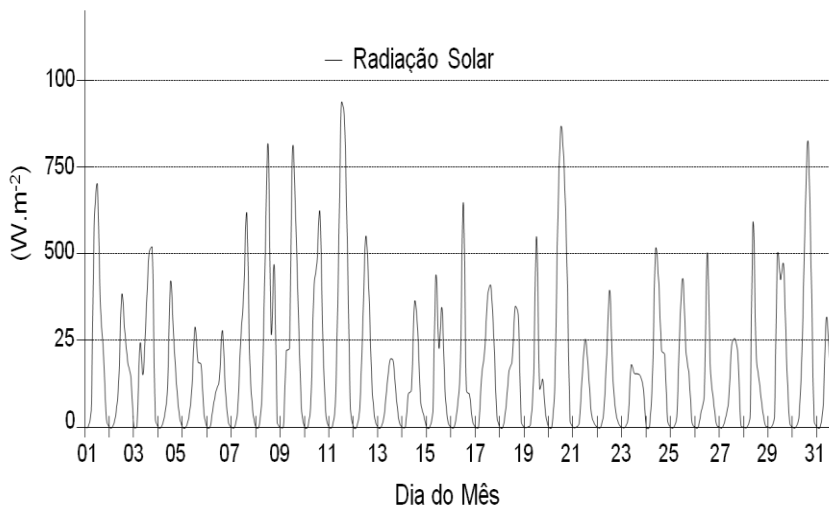


Figura 10 - Radiação solar na EACF em janeiro de 2010. (Projeto de Meteorologia Antártica, 2010)

Tabela 3 -Dados de radiação solar na EACF em janeiro de 2010.

Radiação mensal	Radiação média [w/m ²]	168,80
	Radiação máxima [w/m ²]	933,00
	Energia total radiação[Kw.h/m ²]	125,59
Radiação útil para geração de eletricidade mensal	Potência útil média [w/m ²]	16,88
	Potência útil máxima [w/m ²]	93,30
	Energia Útil [Kw.h/m ²]	12,56
	Rendimento usado	0,10

Outro aspecto a ser considerado é alto índice de refletância do solo na região da EACF devido à neve. Essa característica amplia as possibilidades de direcionamento dos painéis, tornando essa solução também interessante do ponto de vista arquitetônico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma matriz energética diversificada tem-se mostrado como uma tendência para solução de atendimento à demanda por energia elétrica no mundo. Quando associada à questão do meio ambiente, ela se torna ainda mais atrativa, como é a situação de instalações em regiões sensíveis como a Antártica.

Das possibilidades de aproveitamento energético e fontes renováveis analisadas para a geração de energia elétrica para a EACF, pode-se dizer que a implementação de um digestor anaeróbio não se apresenta energeticamente interessante, porém, reduziria o uso do incinerador e suas emissões.

A cogeração apresenta-se como uma solução mais interessante, pois espera-se que reduza em cerca de 20% as emissões atuais da estação, refletindo em um aumento semelhante na autonomia da estação, além de ganhos logísticos devido ao menor volume de combustível demandado pela estação.

A geração de energia elétrica a partir de aerogeradores e dos módulos fotovoltaicos deve ser considerada tanto pelo potencial de geração, neste caso principalmente a eólica, quanto pela redução do consumo de Diesel e, portanto, de emissão de CO₂.

O resultado esperado com o estudo de uso de fontes renováveis e aproveitamento energético aqui apresentado é a elaboração de uma proposta de matriz energética adequada para as condições antárticas, de alto desempenho, robustez, segurança e de reduzido impacto ambiental, semelhante aos casos de sucesso - Estações Mawson e Princesa Elizabeth -, porém, adequados à realidade tecnológica e cultural brasileira. Constata-se, ainda, que associada a uma matriz diversificada, existe a necessidade de um sistema de gerenciamento da geração e consumo de energia para a obtenção da máxima eficiência da instalação.



VITÓRIA2011

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E. ; Cruz, D. O. ; Marchi, L. B. ; Woelffel, A. B. . *The solid residues originating from of the feeding activities in the Comandante Ferraz Antarctic Station (Brazil): diagnosis and recommendations*. In: V Workshop Internacional Brasil - Japão, 2007, Campinas. Anais do VXXI RAPAL - Ecuador 8 Workshop Internacional Brasil - Japão. Campinas : Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2007. p. 1-8.

Associação Brasileira de Energia Nuclear. *Análise comparativa das alternativas energéticas quanto às emissões diretas e indiretas de CO₂*. Disponível em: http://www.zonaeltrica.com.br/downloads/20080410_ibama_3.pdf Acesso em abril de 2010.

Belgian Antarctic Station Web Site. Disponível em: <http://www.antarcticstation.org>. Acesso em 2009.

Cádiz Deleito, J.C. **La energia eólica: tecnologia e história**. Madrid: Hermann Blume, 1984

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/501911.pdf>. Acesso em Agosto de 2010.

ENERCON AEROGERADORES Web Site. Disponível em: <http://www.enercon.de>. Acesso em 2011

HESSAMI M.-A.; CHRISTENSEN S.; GANI R. 1996. Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogas. *Renewable Energy*, V.9, n.1-4, p.954-957.

Mawson Station Electrical Energy *Web Site*. Disponível em: <http://old.aad.gov.au/apps/operations/electrical.asp> Acesso em 2009.

Nogueira, Luiz Augusto Horta; Carvalho, Fabiano da Rosa; Teixeira, Flávio Neves *et al* (2004). *Disseminação de Informações em Eficiência Energética – Cogeração*. Rio de Janeiro.

Patel, M. R. **Wind and Solar Power Systems**. New York: CRC Press LLC, 1999

Projeto de Meteorologia Antártica *Web Site* /CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://antartica.cptec.inpe.br/~rantar/weatherdata.shtml> Acesso em 2010.

Proven Energy wind turbines Web Site. Disponível em: <http://www.provenenergy.co.uk/our-products/> Acesso em 2010.

Reichert, G. A ; III-242 - Aplicação Da Digestão Anaeróbia De Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005

WindoGraper wind data analysis program. Web Site. Disponível em: <http://www.windographer.com>. Acesso em 2011

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à SECIRM (Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar).

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais (CNPq, processo 574018/2008-5 e FAPERJ, processo E-16/170.023/2008) e à Marinha do Brasil.