



Tipo de Documento: DI
Presentado por: Brasil
Tipo de Sesión
Punto de Agenda

ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ: UM ESTUDO INICIAL PARA PROPOSTA DE MATRIZ ENERGÉTICA

**Tiago Malavazi de Christo
Jussara Farias Fardin
Domingos Sávio Lyrio Simonetti
Cristina Engel de Alvarez**

**Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártica de Pesquisas Ambientais
Universidade Federal do Federal do Espírito Santo, Brasil**

Estação Antártica Comandante Ferraz: um estudo inicial para proposta de matriz energética

Tiago Malavazi de Christo¹
Jussara Farias Fardin¹
Domingos Sávio Lyrio Simonetti¹
Cristina Engel de Alvarez¹

1. INTRODUÇÃO

As primeiras edificações na Antártica tinham como principal característica a necessidade de prover condições mínimas para a sobrevivência humana, numa época denominada de “tempos históricos”, cujos feitos heróicos são amplamente contados em livros e outras formas de divulgação. Posteriormente, com o advento da tecnologia, as edificações antárticas passaram a buscar não somente condições de sobrevivência, mas também, otimizar o conforto e as condições de vida naquele continente. Eram os chamados “tempos tecnológicos”. Atualmente, os “tempos ambientais” caracterizam-se pela busca por uma inserção harmônica entre o homem e o ambiente, seja através da otimização dos sistemas instalados, seja na busca por soluções que signifiquem um menor impacto ambiental ocasionado pela presença humana.

Este artigo apresenta os principais resultados referentes às pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal do Espírito Santo no que diz respeito ao setor energético cujo principal objetivo é possibilitar a maior eficiência na geração e uso da energia nas instalações brasileiras na Antártica. Nesse sentido estão sendo atualmente pesquisados e serão aqui levantados aspectos sobre:

- Possibilidade de aproveitamento de fontes de resíduos gerados na EACF com potencial de utilização na geração de energia elétrica acompanhando o recente avanço brasileiro ocorrido com a sanção da Nova Lei de Resíduos Sólidos, além do estudo da possibilidade de aproveitamento dos gases da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto);
- Possibilidade de cogeração, pelo aproveitamento da energia térmica gerada pelos motores diesel e pelo incinerador, seja no aquecimento ou geração de energia elétrica;
- Estudo da inclusão de fontes renováveis de energia na matriz energética, como geração eólica e solar, visando a redução do consumo de óleo diesel na Estação e consequentemente aproximando a idéia de uma estação livre de emissões;
- Estudo de um sistema de gerenciamento de microrredes, possibilitando a composição de uma rede elétrica híbrida de baixo impacto ambiental e alto desempenho, tanto na geração como no consumo, atendendo aos padrões técnicos de qualidade e distribuição de energia, ditados pelas recomendações e normas técnicas específicas (NBR5410, IEC 61000-4-7, EN50160, IEEE 519 e IEEE 1159).

2. SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA EACF

Na Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF, o uso 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 geradores instalados, cada um com capacidade de 240kVA, garantem plena segurança na operacionalização, sendo que somente um deles já tem capacidade suficiente de geração para a demanda atual. Estes geradores são novos, adquiridos em 2008 e apresentam nível de ruído bem mais baixo do que os geradores antigos, como

¹ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártica de Pesquisas Ambientais; Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

uma resposta do Programa Antártico Brasileiro ao diagnóstico de impacto acústico realizado em 2004 [1]. No entanto, ressalta-se que ainda são geradores cuja máquina primária é um motor diesel, levando à emissão de gases poluentes e alto consumo de combustíveis fósseis. O óleo diesel é fornecido pela Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobrás, e especialmente produzido para manter íntegras as suas características mesmo quando submetido à temperaturas negativas como ocorre na Antártica.

O consumo atual de óleo diesel para geração da energia consumida na EACF é de 850 a 1000 litros/dia no verão e de 1000 a 1200 litros/dia no inverno. 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 [2].

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 no aproveitamento de resíduos gerados pela EACF para a cogeração energética, 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.

3. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E COGERAÇÃO

Tendo como objetivo a capacidade de geração de energia, serão apontados possíveis aproveitamentos energéticos a partir da contribuição dos resíduos sólidos orgânicos, oriundos do biogás da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e cogeração.

3.1 Resíduos sólidos orgânicos

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 [3].

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 [3], [4], [5]. 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.

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.

De acordo com Hessami [6], essa tecnologia é aplicável para média e grande escala, mas é possível aplicá-la de forma sustentável para pequenas comunidades. 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.

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 [7].

3.2 Biogás

A EACF conta com uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) instalada, na sua versão atual, em torno de 2005 e atualizada em 2008/2009, sendo que não existe um levantamento da quantidade de biogás gerado pela ETE cuja análise da viabilidade do aproveitamento depende dessa medição.

3.3 Cogeração

A cogeração de energia consiste no aproveitamento da produção simultânea de duas ou mais formas a partir de uma mesma fonte energética. Neste tipo de aproveitamento, o calor de escape irradiado por um equipamento 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.

Na EACF, o calor irradiado pelos motores diesel e pelo processo de incineração pode ser usado no aquecimento ou na geração de energia. 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, permitindo assim a redução do consumo energético para o aquecimento da água.

3.3.1- Incinerador

Ferraz conta atualmente com um novo Sistema Compacto de Incineração (Figura 1), composto por um sistema semi-automático, com auto-controle e auto-monitoramento, modelo RGL-200 desenvolvido pela empresa Luftech a qual já aplica a tecnologia de cogeração em seus incineradores de grande porte.

De acordo com os estudos realizados, para a utilização da energia térmica gerada pelo incinerador da EACF, observam-se algumas condicionantes de viabilidade, dentre as quais:

- A operação do incinerador fosse constante ou com período de funcionamento maior que o atual, considerando que o incinerador é ligado em média uma vez por semana e a média de funcionamento é de 12 horas;
- Localização do incinerador mais próxima dos locais com maior potencial para o aproveitamento da sua energia térmica, como por exemplo, a cozinha, a lavanderia e os banheiros;
- Existência de conexão da rede do incinerador com a da caldeira.



Figura 1 – O incinerador da EACF.

3.3.2- Motor diesel

A energia elétrica na EACF é produzida por um grupo de geradores arrefecidos a água de fabricação da *Cummins Power Generation* e, de acordo com o manual do fabricante [8], possui capacidade de cogeração.

Segundo Miranda [9], o uso da cogeração em processos com combustível a óleo, como o que ocorre na geração de energia da EACF, reduz de 0,7 para 0,35 unidades de CO₂/kWh gerados.

A Figura 2(a) mostra a foto do novo gerador *Cummins* instalado e a Figura 2 (a) e (b) ilustram respectivamente o Balanço térmico típico de planta de geração pura utilizando motor alternativo e Balanço térmico de uma planta semelhante, com sistema de cogeração agregado [10].



(a)



(b)



(c)

Figura 2 – a) Gerador Cummins 240KVA; b) Balanço térmico típico de planta de geração pura utilizando motor alternativo; c) Balanço térmico de uma planta semelhante, com sistema de cogeração agregado.

Com base nos dados fornecidos pela Cummins e das análises das características energéticas e construtivas da EACF, está sendo estudada a viabilidade da aplicação de cogeração aos grupos de geradores; os possíveis ganhos com a redução no consumo de combustível; a redução das emissões; e o concomitante reflexo direto no aumento da autonomia da Estação.

4. FONTES RENOVÁVEIS: GERAÇÃO EÓLICA E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Algumas estações antárticas tais como a Estação Mawson (Australiana) e a Estação Princesa Elizabeth (Bélgica), apresentam matriz energética incluindo energia eólica e solar, sendo a estação belga, inaugurada em fevereiro de 2009, designada como a primeira com emissão zero. Esta Estação, situada nas coordenadas 71°57'S - 23°20'E, 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 (Figura 3), [11].

Mesmo em condições normais de clima, a tendência atual é diversificar a matriz energética de geração de energia, sendo que em condições especiais e sensíveis como a que ocorre com a EACF, esta tendência acentua-se, sendo necessária a busca por soluções que atendam tanto aos requisitos relacionados aos impactos ambientais quanto com a segurança e confiabilidade no fornecimento de energia.

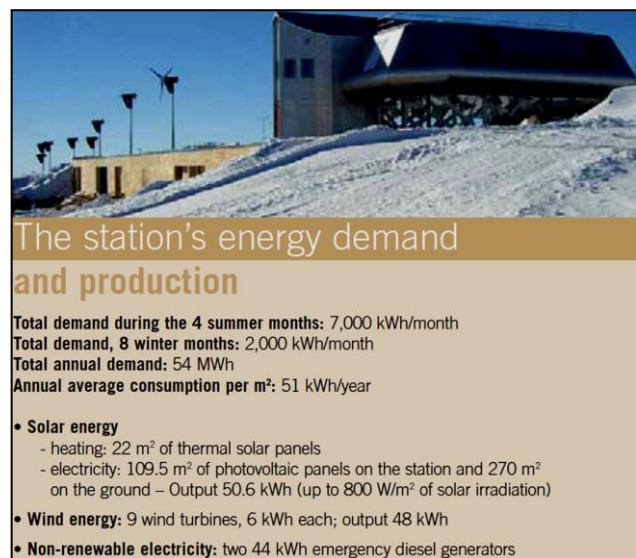


Figura 3 – Matriz energética da estação belga Princesa Elisabeth.

4.1 Geração eólica

Na EACF, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE mantém um laboratório e um banco de dados, incluindo velocidades dos ventos (Figura 4), [12]. A partir da análise deste banco de dados é possível avaliar a possibilidade de aproveitamento da energia dos ventos, cujos estudos iniciais já foram desenvolvidos por Costa (2009), [13].

O clima na região da EACF é sujeito a forte rajadas de ventos e a turbina eólica deve ser capaz de lidar com esta situação sem sofrer danos, como por exemplo, na tecnologia utilizada na estação belga Princesa Elizabeth [14] e estação Mawson, conforme ilustra a Figura 5 [15].

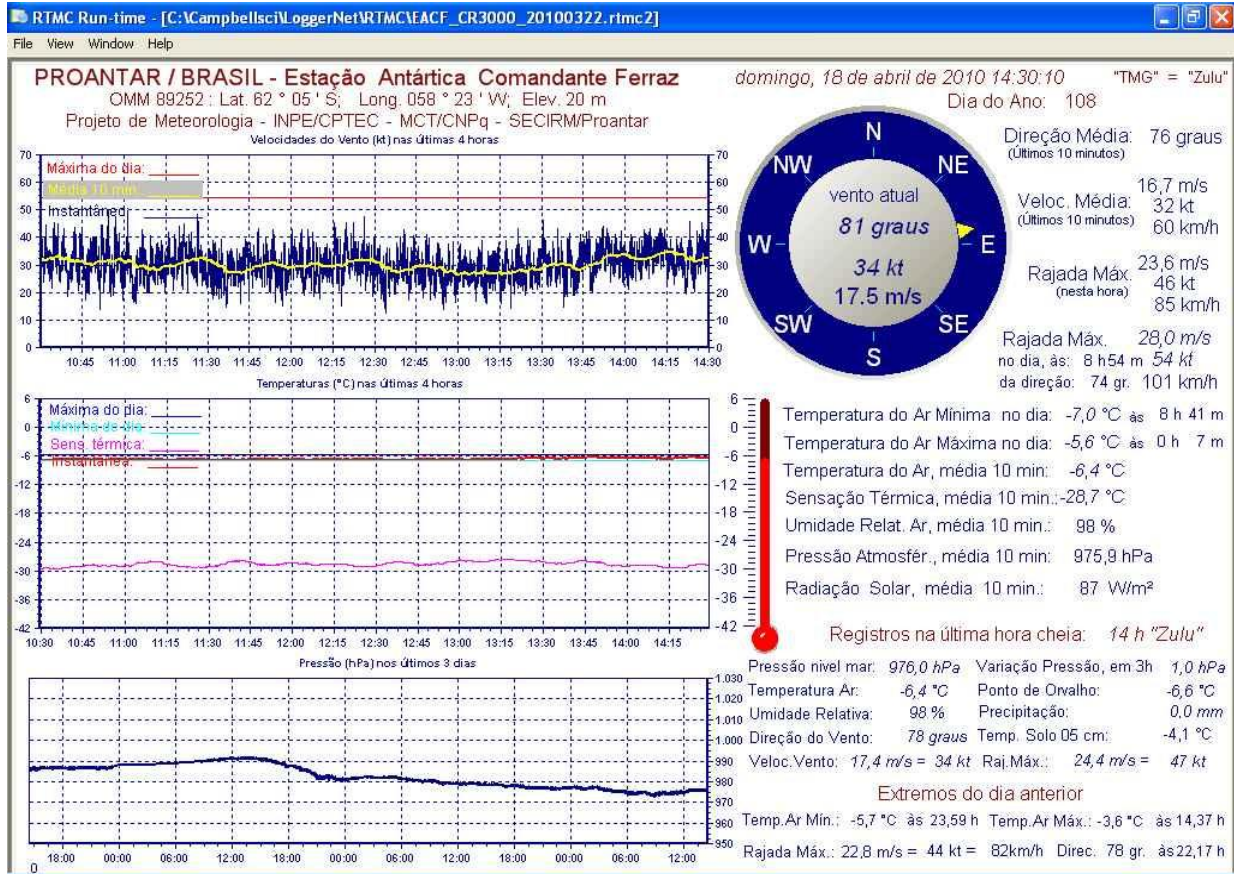
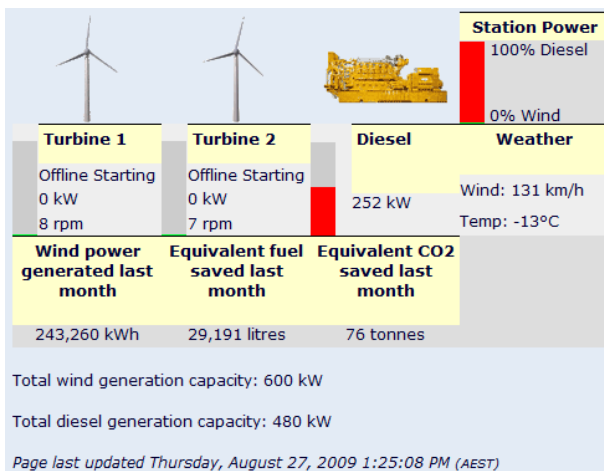
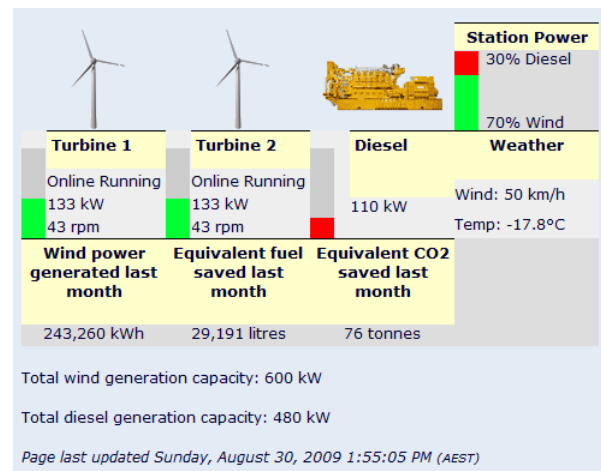


Figura 4 – Dados meteorológicos do INPE na EACF.



(a)



(b)

Figura 5 - Tela de monitoramento dos sistemas de geração elétrica da Estação Mawson em diferentes condições de ventos. Em (a), velocidade do vento de 131Km/h; e em (b), vento a 50Km/h.

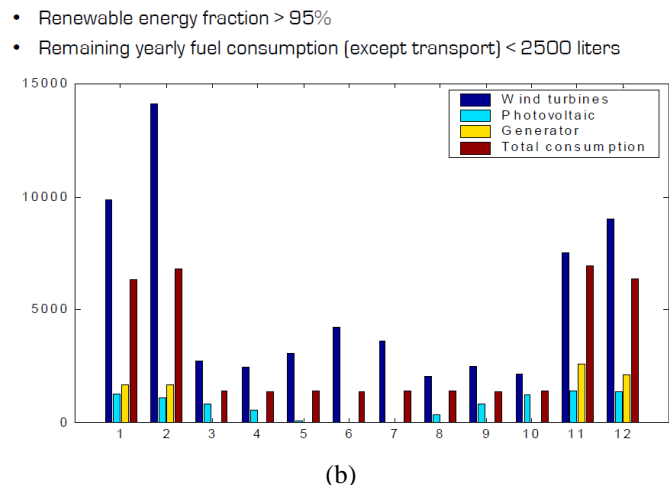
4.2 Paineis fotovoltaicos

O banco de dados que o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE mantém sobre a EACF [12], também contempla os dados de temperatura e radiação solar média (W/m^2). A partir destes dados será feita uma análise de viabilidade levando em consideração a severidade do clima da região e seus efeitos sobre a solução solar.

Considerando que a estação belga Princesa Elisabeth (Figura 6a) é considerada um modelo de adequação ambiental e eficiência energética, os dados disponíveis para acompanhamento dos resultados estão sendo avaliados observando-se, na Figura 6b [16], a participação de cada um dos diversos sistemas de geração e o consumo total de energia em cada mês do ano. Observa-se que a maior participação no sistema de geração é da energia eólica, sendo que a geração por módulos fotovoltaicos apresentou uma participação significativamente menor, até mesmo quando comparada com a dos geradores a óleo diesel quando estes dois sistemas (Solar e Diesel) trabalharam em conjunto. A geração solar operou apenas 9 meses, porém, o conjunto da geração eólica e fotovoltaica contribuiu para que os geradores a diesel fossem necessários somente durante 4 meses do ano. Este comportamento reforça o argumento que devido às condições especiais do clima local onde se encontra situada a EACF e devido ao impacto causado pelo uso de combustíveis fósseis, torna-se necessário um estudo minucioso sobre as potencialidades e restrições nas eventuais mudanças na matriz energética da Estação.



(a)



(b)

Figura 6 – Em (a), conjuntos de painéis fotovoltaicos da estação belga Princesa Elisabeth e em (b), a Participação das fontes de geração no total de energia (Polar Foudation, 2006).

5. MATRIZ ENERGÉTICA HÍBRIDA E GERENCIAMENTO DE GERAÇÃO E CONSUMO: REDES INTELIGENTES (*SMART GRIDS*)

Uma rede elétrica híbrida de baixo impacto ambiental e alto desempenho para atender às necessidades da EACF, tanto na geração como no consumo, deve respeitar os padrões técnicos de qualidade e distribuição de energia, ditados pelas recomendações e normas técnicas específicas (NBR5410, IEC 61000-4-7, EN50160, IEEE 519 e IEEE 1159). No caso da EACF, independente das fontes renováveis disponíveis para comporem a matriz energética para atender à demanda indispensável, considera-se a necessidade de geração de emergência por meio de grupo motor-gerador, cuja solução técnica e dimensionamento serão objeto de estudo específico, em função da demanda projetada e atendimento de outros requisitos técnicos associados tais como rendimento, nível de ruído, etc.

O sistema de geração e consumo de energia de uma rede híbrida deverá ser gerenciado como uma microrrede, incorporando a produção de energia oriunda de diversas fontes, tais como geração eólica, fotovoltaica, entre outras. Uma vez escolhidas as formas de geração e conhecidas as cargas

que deverão ser atendidas, deve ser implementado um sistema de controle da microrrede, que faça o gerenciamento do fluxo de potência, ou seja, é necessário uma rede inteligente (*smart grid*) para que se garanta maior eficiência, confiabilidade e segurança ao sistema. No projeto da Estação Princesa Elisabeth foi desenvolvida uma *smart grid* capaz de gerenciar 35.000 variáveis controlando a geração e demanda, usando um sistema hierarquizado de atendimento à carga. Por trás do projeto um novo conceito de atendimento à demanda foi considerado, ou seja, o conceito que a demanda de energia está sujeita às condições de geração e não que a geração deve atender indiscriminadamente à demanda [17].

Uma *smart grid* é uma infra-estrutura de distribuição de eletricidade, que integra os avanços na comunicação, computação e eletrônica para atender às necessidades dos usuários de energia elétrica e que transforma a forma como a energia é entregue [18]. Uma *smart grid* é a aplicação da tecnologia da informação digital para otimizar o sistema de potência de forma a inserir inteligência no monitoramento e controle da rede elétrica desde a geração de energia até o consumidor. Assim, concomitante à proposta de uma matriz energética híbrida, deve haver também o desenvolvimento de uma *smart grid* para atender à geração e consumo.

6. CONCLUSÕES

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.

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 Elisabeth -, 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.

7. REFERÊNCIAS

- [1] ALVAREZ, C. E. de, YOSHIMOTO, M. Avaliação de impacto acústico na Estação Antártica Comandante Ferraz: resultados preliminares In: XV RAPAL - Reunion de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2004, Guayaquil. **Anais da XV RAPAL**. Guayaquil: Programa Antártico Ecuatoriano, 2004. p.1 – 9
- [2] Associação Brasileira de Energia Nuclear. *Análise comparativa das alternativas energéticas quanto às emissões diretas e indiretas de CO₂*. Disponível em:
http://www.zonaeletrica.com.br/downloads/20080410_ibama_3.pdf Acesso em abril de 2010.
- [3] Woelffel, A. B. ; Alvarez, C. E. ; Soares, G. R. ; Cruz, D. O. . *Resíduos sólidos gerados pelas atividades de produção e consumo de alimentos na Estação Antártica Comandante Ferraz*. In: VII Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, 2007, Vitória. Anais do VII SESMA - Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente. Vitória : ABES/ES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - Seção Espírito Santo, 2007. p. 1-10.
- [4] Woelffel, A. B. ; Alvarez, C. E. ; Soares, G. R. ; Cruz, D. O. . *Os resíduos sólidos gerados pelas atividades de produção e consumo de alimentos na Estação Antártica Comandante Ferraz enquanto indicador de monitoramento ambiental*. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007, Campo Grande. Anais do IV Encontro Nacional e II Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Campo Grande : ANTAC, 2007. p. 92-101.
- [5] 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 V

- Workshop Internacional Brasil - Japão. Campinas : Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2007. p. 1-8.
- [6] Reichert, G. A ; III-242 - Aplicação Da Digestão Anaeróbia De Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
- [7] 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.
- [8] *Cummins Power Generation. Manual de Aplicação: Grupos Geradores Arrefecidos a Água*. Traduzido do manual T-030d 07/02.
- [9] Miranda, V. *Cogeração-Motores a gás e motores a diesel*. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~ee98134/> . Acesso em 09 de Abril de 2010.
- [10] Nogueira, Luiz Augusto Horta; Carvalho, Fabiano da Rosa; Teixeira, Flávio Neves et al. (2004). *Disseminação de Informações em Eficiência Energética – Cogeração*. Rio de Janeiro.
- [11] *Belgian Antarctic Station Web Site*. Disponível em:
<http://www.antarcticstation.org/index.php?s=no&uid=244&lg=en> Acesso em 2009.
- [12] *Web Site Projeto de Meteorologia Antártica/CPTEC*. Disponível em:
<http://img0.cptec.inpe.br/~rantimg/telalogger/anterior/> Acesso em 18 de Abril de 2010.
- [13] Costa, C. F. *Fontes renováveis de energia para a Estação Antártica Comandante Ferraz da marinha do Brasil*. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. 2009.
- [14] *Belgian Antarctic Station Web Site. Belgian Antarctic Research Station - Interview: Sven Kerremans (Laborelec) - First zero emission station*. Disponível em: [http://www.antarcticstation.org/index.php?news/interview_sven_kerremans_\(laborelec\)/&uid=396](http://www.antarcticstation.org/index.php?news/interview_sven_kerremans_(laborelec)/&uid=396) . Acesso em Agosto de 2009.
- [15] *Mawson Station Electrical Energy Web Site*. Disponível em:
<http://old.aad.gov.au/apps/operations/electrical.asp> Acesso em 2009.
- [16] *Web Site Polar Foundation*. Disponível em: www.polarfoundation.org. Acesso em Agosto de 2009.
- [17] *Princess Elisabeth Antarctica: Changing the Way We Think about Using Energy*. Disponível em:http://www.sciencepoles.org/articles/articles_detail/princess_elisabeth_antarctica_changing_the_way_we_think_about_using_en/
- [18] DTE (USA). *Energy Smart Grid White Paper*. Acesso em Fevereiro de 2009.