

Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais

Photovoltaic solar energy in hospitals: review of literature and some international experiences

Juliane Barbosa dos Santos

Mestranda em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Bauru.

Endereço: Av. Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

E-mail: julliane@hotmail.com

Charbel José Chiappetta Jabbour

Pós - Doutor em Sustentabilidade e Gestão Ambiental. Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Bauru.

Endereço: Av. Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

E-mail: prof.charbel@gmail.com

Resumo

O Sol possui um papel de extrema importância para a existência dos seres humanos e o Brasil possui uma posição geográfica privilegiada para explorar a luz solar. A união desses dois fatores favorece o uso de células solares para conversão de energia solar em energia elétrica por meio da tecnologia fotovoltaica, tornando-se ótima alternativa de energia, principalmente por ser uma fonte limpa, gerando menores danos ao meio ambiente. Este trabalho tem por objetivo abordar a tecnologia fotovoltaica tendo como foco analítico os hospitais, por meio de casos de sucesso encontrados na literatura internacional. Os hospitais, mesmo executando serviços de total importância à sociedade, apresentam potencial poluidor capaz de causar danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente que se localiza ao seu redor. Há estimativas de que as reservas brasileiras de petróleo sejam suficientes para 22 anos, tornando-se necessária a busca por novas fontes alternativas para a geração de energia.

Palavras-chave: Energia solar; Hospitais; Tecnologia fotovoltaica.

Abstract

The sun has an extremely important role in the existence of human beings, and Brazil has a privileged geographical position to explore sunlight. The union of these two factors favors the use of solar cells for converting solar energy into electricity by photovoltaic technology: it is a great alternative energy source, especially for being a clean one, causing less damage to the environment. This paper addresses the photovoltaic technology with a focus on hospitals, through case studies found in international literature, because hospitals, even running all important services to society, have a potential for pollution capable of causing damage to human health and the environment that is around them. It is estimated that the Brazilian oil reserves are sufficient for twenty-two years. This makes the search for alternative sources for power generation a necessity.

Keywords: Hospitals; Photovoltaic; Solar energy.

Introdução

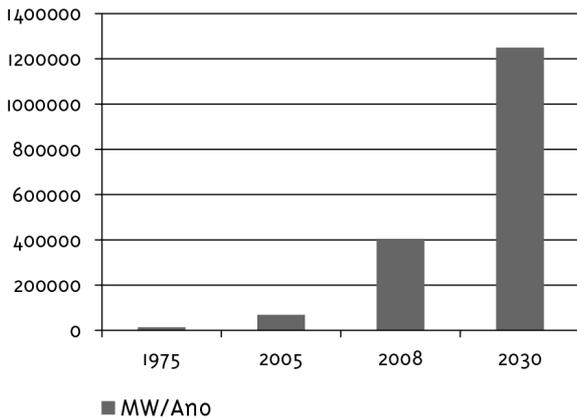
O Brasil possui uma posição muito vantajosa em termos de disponibilidade de recursos naturais e, com isso, torna-se um desafio considerável assegurar a sustentabilidade dos recursos a serem explorados (Pereira Jr e col., 2011). A utilização das fontes renováveis de energia, por exemplo, a energia fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país, permitindo maior diversificação na matriz energética.

De acordo com dados da Eletrobrás (2000 apud Marinoski, 2004, p. 1), as reservas de combustíveis fósseis de boa qualidade no Brasil não são grandes. Avalia-se que as reservas brasileiras de petróleo sejam suficientes para 22 anos e somente 23% do potencial hidrelétrico é aproveitado, tendo sua maior capacidade na região Amazônica, onde a inundação de enormes áreas para a construção de reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental.

Nas últimas quatro décadas o consumo final de energia no Brasil registrou um crescimento de 3,0% ao ano. Entre 1975 e 2005, houve uma evolução na potência instalada de 13.724 MW para quase 69.000 MW. Em 2030, há estimativas de consumo de energia elétrica variando entre 950 e 1.250 TWh/ano, contrapondo-se à situação atual, de 405 TWh. A Figura 1 mostra a projeção de produção de demanda de energia elétrica para a fonte hidráulica (Bronzatti e Iarozinski Neto, 2008).

Nesse contexto, torna-se necessário a busca por novas alternativas para geração de energia, por exemplo, a energia solar (Marinoski e col., 2004) e por meio da energia fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país, de dimensões continentais, permitindo uma maior diversificação da matriz energética e auxiliando no suprimento dessa crescente demanda (Rüther e col., 2008).

Figura 1 - Projeção de produção de demanda de energia elétrica para a fonte hidráulica



Adaptada de: Bronzatti e Iarozinski Neto, 2008.

Energia solar fotovoltaica

As fontes de energia - biomassa, combustíveis fósseis, eólica e hidráulica - são formas indiretas de energia solar (Aneel, 2005). O Sol representa uma fonte renovável de energia para a humanidade, tornando possível a transformação das mais variadas maneiras que melhor se adequem ao seu uso diário, no caso a energia fotovoltaica (Angelis-Dimakis e col., 2011).

A tecnologia fotovoltaica é promissora (Li e col., 2012); o efeito fotovoltaico ocorre por meio da transformação direta da luz em energia elétrica, recorrendo-se, para isso, a células solares (Sidawi e col., 2011). “Células solares são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa, proveniente do Sol ou de outra fonte de luz, em energia elétrica” (Carvalho e col., 2004, p. 5).

A célula de silício cristalina é a mais comum, com cerca de 95% de todas as células solares existentes no mundo; porém outros materiais semicondutores também são utilizados, como o silício, o arsenieto de gálio, telurieto de cádmio ou diselenieto de cobre e índio (Santos, 2011).

A indústria da energia solar busca constantemente novos materiais e tecnologias para melhorar e aperfeiçoar módulos solares, proporcionando maior eficiência e menores custos (Bayod-Rújula e col., 2011). Módulos solares são células agrupadas dotadas de meios que lhes permitem resistir a con-

dições ambientais adversas em que serão colocados (Santos, 2011). A esse agrupamento dá-se o nome de painel fotovoltaico, que é formado por placa solar, controlador de carga, baterias e inversor.

Oportunidades e barreiras

A promoção do uso de energia fotovoltaica no Brasil ainda se resume a poucas tentativas para a utilização dessa tecnologia, sendo a falta de regulamentação uma barreira apontada por Varela e colaboradores (2009), que, além desta, lista outras oportunidades e obstáculos:

Oportunidades

Oportunidades apresentadas por Varela e colaboradores (2009):

- o Brasil possui grandes reservas de quartzo para a produção de silício;
- qualquer projeto pode ser viabilizado, pelo potencial solar suficiente do país;
- universidades brasileiras desenvolvem projetos relacionados à fabricação e análise de desempenho de células solares;
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) possui certificações para apoiar a indústria de módulos, inversores e baterias.

Barreiras

Varela e colaboradores (2009), destacam dificuldades relativas à cadeia produtiva, à infraestrutura de projeto e desenvolvimento (P&D) e ao mercado:

- energia solar fotovoltaica requer um domínio tecnológico necessário em toda a cadeia produtiva;
 - ciclo de desenvolvimento de produtos é atrasado devido ao processo demorado na importação de insumos e produtos químicos;
 - Brasil está atrasado cerca de 20 anos no domínio de tecnologias, se comparado aos países do Primeiro Mundo;
 - há uma crescente necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas;
- é necessário resolver entraves legais para a comercialização de produção independente.

Pelas experiências internacionais bem-sucedidas envolvendo Alemanha, Espanha, EUA e Japão, resumidas no Quadro 1, e algumas experiências do Brasil, a melhor estratégia de política pública a ser adotada no país é o estabelecimento de programas

de difusão da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos nos contextos residencial, comercial, industrial e de prédios públicos, associados a uma estratégia de desenvolvimento industrial (Varela e col., 2009).

Quadro 1 - Programas e incentivos

País	Programa	Incentivo
Alemanha	German Renewable Energy Sources Act - EEG	<i>Feed-in tariff</i> : as tarifas para novos sistemas fotovoltaicos instalados passaram a ter 5% de redução ao ano durante o período de 20 anos.
Espanha	Real Decreto	<i>Feed-in tariff</i> : para os primeiros 25 anos, as tarifas variam de 0,44 €/kWh dependendo da aplicação e tamanho do sistema.
EUA	Califórnia Solar Initiative – CSI	Incentivo fixado em 2,80 US\$/W, com meta de redução de 10% ao ano.
Japão	Japanese Residential PV System Dissemination Programa – RPVDP	Subsídio reduzido anualmente devido ao sistema de redução de preço. Por ex: em 2004 o subsídio era 387 US\$ e em 2005 era 172 US\$/kWh.

Extraído de: Varela e colaboradores, 2009.

Estudos relacionados à energia solar fotovoltaica

A seguir serão apresentados alguns estudos que envolvem a energia solar fotovoltaica, tendo como cenário os hospitais.

Mostofi e colaboradores (2011) propuseram a utilização de um sistema híbrido que incorpora a conversão de energia solar fotovoltaica para o fornecimento de energia renovável e cogeração para melhorar a eficiência. A energia fotovoltaica reduz o tempo de execução para a cogeração atender a carga, suprimindo o horário de pico ou em condições meteorológicas adversas. Esta simbiose operacional foi ilustrada no estudo de um sistema fotovoltaico híbrido e cogeração no Hospital Taleghani, em Teerã (Irã). O resultado mostrou que a quantidade total de gás natural necessária para assegurar as necessidades do hospital poderiam ser reduzidas de 55% a 62%. Essa melhora significativa no consumo de gás natural ilustra o potencial da energia solar fotovoltaica e sistemas de cogeração em larga escala.

Jacobus e colaboradores (2011) estudaram o Hospital de Misericórdia em Bo, Serra Leoa, cuja conversão de seu sistema de energia em um sistema híbrido fotovoltaico-diesel proporcionou a oportunidade para examinar a mudança no desempenho do sistema, antes, durante e após a conversão. De

acordo com a disponibilidade sazonal de energia elétrica em Serra Leoa, dois conjuntos de dados que representam perfis de carga distintas foram analisadas: estação seca e estação de chuva. Os resultados indicaram que o sistema híbrido fotovoltaico reduz significativamente os custos de operação, aproximadamente 37% a menos durante a estação seca e 64%, na estação de chuva do que um gerador somente a diesel.

Al-Karaghoul e Kazmerski (2010) abordaram a necessidade de eletricidade em áreas rurais no sul do Iraque e propuseram um sistema solar fotovoltaico para alimentar uma clínica de saúde na região. A carga total diária da clínica de saúde é de 31,6 kWh. Foi utilizado um modelo computacional para otimização de energia distribuída, “HOMER”, usado para estimar o tamanho do sistema e o custo para o seu ciclo de vida. A análise calculou os custos iniciais de um sistema ideal, bem como o custo de eletricidade, concluindo que a utilização do sistema fotovoltaico é justificada por motivos humanitários, técnicos e econômicos.

Bizzarri e Morini (2006) desenvolveram uma análise teórica sobre os benefícios ambientais que se pode alcançar por meio das mudanças dos sistemas convencionais de energia. Em um hospital localizado na região de Ferrara, Itália, vários esquemas híbridos foram investigados e comparados (sistemas

com células de combustível, fotovoltaicos e solares térmicos). Os resultados apresentaram uma redução significativa no consumo de energia fóssil.

Merkle (1994) descreveu um projeto de renovação do Hospital Distrital de Bawku, em Gana, durante os anos de 1987 e 1990. Bawku recebe irradiação solar de 4,7-6,4 kWh/m² por dia, justificando a instalação dos sistemas solares. Foram utilizados dois sistemas fotovoltaicos para iluminação de emergência e coletores solares para aquecer água de máquinas de lavar na lavanderia do hospital.

Considerações finais

Com a breve revisão de literatura a respeito da energia solar fotovoltaica e a adoção dessa tecnologia em hospitais, destacam-se alguns pontos a seguir:

- A energia solar fotovoltaica torna-se uma ótima alternativa, por ser uma fonte de energia limpa, gerando menores danos ao meio ambiente.
- Dados indicam que as reservas de petróleo brasileiras são suficientes para 22 anos e somente 23% do potencial hidrelétrico nacional é aproveitado, o que torna necessária a busca por novas fontes alternativas para a geração de energia.
- O uso de energia solar fotovoltaica torna-se uma alternativa válida envolvendo os hospitais pelo conhecimento de experiências bem-sucedidas.

O estado da arte recebe contribuições dessa pesquisa pelo levantamento recente da revisão da literatura e de estudos bem-sucedidos envolvendo a energia solar fotovoltaica em hospitais.

Os hospitais são essenciais à sociedade, mas também podem causar danos ao meio ambiente. O uso de energia solar fotovoltaica torna-se uma alternativa para mitigar esses danos, pois é considerada uma fonte de energia limpa.

Para pesquisadores das áreas de gestão ambiental e gestão hospitalar torna-se um desafio assegurar que o ambiente hospitalar preserve os recursos naturais e, para isso, devem fazer uso de fontes renováveis de energia, por exemplo, energia solar fotovoltaica.

Após os resultados obtidos, sugere-se para pesquisas futuras:

- experiências em hospitais brasileiros;
- comparação de hospitais públicos e privados;
- identificação das barreiras que inibem o uso fontes renováveis de energia em hospitais.

Referências

AL-KARAGHOULI, A.; KAZMERSKI, L. L. Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software. *Solar Energy*, Tampa, v. 84, n. 4, p. 710-714, 2010.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

ANGELIS-DIMAKIS, A. et al. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Golden, v. 15, n. 2, p. 1182-1200, 2011.

BAYOD-RÚJULA, A. A.; LORENTE-LAFUENTE, A. M.; CIREZ-OTO, F. Environmental assessment of grid connected photovoltaic plants with 2-axis tracking versus fixed modules systems. *Energy*, Aalborg, v. 36, n. 5, p. 3148-3158, 2011.

BIZZARRI, G.; MORINI, G. L. New technologies for an effective energy retrofit of hospitals. *Applied Thermal Engineering*, Whitley Bay, v. 26, n. 2, p. 161-169, 2006.

BRONZATTI, F. L.; IAROZINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: Abepro, 2008. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

CARVALHO, P. C. M. et al. The Brazilian experience with a photovoltaic powered reverse osmosis plant. *Progress in Photovoltaics: Research and Application*, Sydney, v. 12, n. 5, p. 373-385, 2004.

- JACOBUS, H. et al. Evaluating the impact of adding energy storage on the performance of a hybrid power system. *Energy Conversion and Management*, Irbid, v. 52, n. 7, p. 2604-2610, 2011.
- LI, D. H. W. et al. A study of grid-connected photovoltaic (PV) system in Hong Kong. *Applied Energy*, Västerås, v. 90, n. 1, p. 122-127, 2012.
- MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ANTAC, 2004. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.
- MERKLE, T. Applied solar energy plants in a hospital in Northern Ghana. *Renewable Energy*, Brighton, v. 5, n. 1, p. 454-456, 1994.
- MOSTOFI, M.; NOSRAT, A. H.; PEARCE, J. M. Institutional scale operational symbiosis of photovoltaic and cogeneration energy systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Teerã, v. 8, n. 1, p. 31-44, 2011.
- PEREIRA JR, A. O. et al. Strategies to promote renewable energy in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Golden, v. 15, n. 1, p. 681-688, 2011.
- RÜTHER, R. et al. Programa de telhados solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ANTAC, 2008. Disponível em: <https://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/2008/ENTAC/salamoni_ruther.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.
- SANTOS, F. F. *Utilização de energia fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia*. 2011. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.
- SIDAWI, F. et al. Electrical properties in photovoltaic solar modules. *Microelectronics International*, Southampton, v. 28, n. 1, p. 12-16, 2011.
- VARELLA, F.; GOMES, R. D. M.; JANUZZI, G. M. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação*. Campinas: International Energy Initiative, 2009. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

Recebido em: 06/12/2011

Aprovado em: 06/09/2012