

GPT/015

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS – GPT

A NECESSIDADE DE SUBSÍDIO PARA A IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO COADJUVANTE NA GERAÇÃO DESCENTRALIZADA DE ELETRICIDADE NO BRASIL

José Luz Silveira*
FEG/UNESP

Alonso B. Aguirre
FEG/UNESP

Paulo E. M. Gouvêa
FEG/UNESP

RESUMO

A crescente demanda de eletricidade e as limitações de recursos investidos na oferta desse insumo, vem obrigando países como o Brasil, a buscar novas alternativas para a produção de energia. A proposta deste trabalho é apresentar um estudo técnico-econômico sobre a instalação de uma planta solar de 15 kW em uma comunidade isolada, enfatizando a importância da necessidade de subsídio financeiro por parte do Governo. Avalia-se a importância de parâmetros tais como taxa anual de juros, investimento específico, custo marginal da expansão da oferta de eletricidade e subsídio governamental sobre o tempo de amortização de capital investido.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, painéis fotovoltaicos, análise econômica, geração descentralizada, energia renovável.

1.0- INTRODUÇÃO

No desenvolvimento energético latino-americano, um dos setores que requer maior reengenharia é o de distribuição de energia elétrica. Os países que constituem essa região, entre eles o Brasil, apresentam uma característica comum, que é a presença de grandes cidades densamente habitadas, alguns centros urbanos secundários e um percentual considerável da população distribuída na zona rural, em meio a um difícil acesso devido a inóspita geografia.

No Brasil, segundo dados estatísticos, 15% da população, (cerca de 25 milhões de habitantes) vive sem acesso a eletricidade. A maioria dessa população sobrevive com baixa renda e encontra-se localizada em áreas rurais onde o custo para o acesso à instalação elétrica convencional é bastante elevado, com relação ao custo marginal de expansão da oferta de eletricidade. Devido as dimensões do país, diferentes características geográficas, sociais e

culturais sugerem várias soluções regionais para suprir a necessidade de energia elétrica.

Em pequenas vilas na região amazônica, por exemplo, a eletricidade está disponível através de sistemas de geração à diesel, que envolvem um custo muito alto associado à baixa qualidade no serviço. Os sistemas existentes são operados por empresas públicas locais que contam com subsídio no combustível através da CCC - conta especial para custear a geração de energia elétrica.

Entretanto, mesmo contando com este subsídio que ajuda a reduzir o impacto do alto custo de geração, estudos demonstram que o preço da eletricidade varia de US\$ 0,15/kWh em sistemas de escala megawatt operando 24 horas diárias, até US\$ 0,50/kWh em pequenas vilas onde a energia elétrica só é provida entre 6 e 12 horas por dia. (Valente e Almeida, 1998).

Além do problema econômico, as preocupações ambientais são crescentes no sentido de se estabelecer um forte controle sobre as emissões dos sistemas de geração à diesel. Assim, o desenvolvimento de tecnologias locais para a geração de energia que não agredam o meio ambiente é estimulado, buscando evitar também a construção de longas e numerosas linhas de transmissão de eletricidade.

Este trabalho tem como objetivo complementar um estudo realizado sobre a viabilidade econômica da implantação de uma microcentral fotovoltaica geradora de 15 kW, para atender as necessidades de demanda elétrica de uma comunidade rural (Silveira, et al., 2000) A unidade é composta de painéis solares fotovoltaicos que podem ou não estarem interligados à rede elétrica local por meio de conversores CC/CA. Avalia-se a real necessidade de subsídio para aquisição dos componentes do sistema, uma vez que a instalação geradora de energia permite um grande benefício social, a partir de um avanço tecnológico proporcionado em termos de reduzidos custos de operação e manutenção, frente às atuais tecnologias

disponíveis no mercado, além de assegurar qualidade de vida mínima para a população de uma comunidade rural isolada no que tange ao acesso à eletricidade.

2.0- ENERGIAS RENOVÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DESCENTRALIZADA

Conforme discutido anteriormente, torna-se necessário resolver o problema existente para suprir a demanda de energia elétrica nas comunidades isoladas, sem contudo agredir o meio ambiente ao se criar grandes redes de transmissão ou gerar volume de gases que contribuem para o efeito estufa. Portanto, deve-se buscar alternativas mais práticas e convenientes, onde de um modo geral, as fontes de energia renováveis são as mais adequadas.

Considera-se uma fonte de energia renovável, aquela que administrada de forma adequada, permite que sua exploração seja ilimitada, ou seja, sua quantidade disponível não diminui a medida em que é aproveitada.

A principal fonte de energia renovável é o Sol. O Sol envia à Terra unicamente energia radiante, ou seja, luz visível, radiação infravermelha e ultravioleta. Sem restrições, esse tipo de energia promove uma variedade de efeitos na atmosfera, alguns dos quais tem importância direta como recursos energéticos, como é o caso da energia eólica, a energia de biomassa, a diferença de temperaturas oceânicas e a energia das ondas, abaixo descritos (Palz, 1981).

2.1 Energia Solar

A energia solar, como recurso energético terrestre, é constituída simplesmente pela quantidade de luz emitida pelo Sol e interceptada na superfície do planeta. Essa forma de energia pode ser utilizada de três modos:

- **Direta.** Uma das aplicações da energia solar é diretamente na forma de luz solar, utilizada por exemplo, para iluminação. Neste sentido, qualquer janela pode ser considerada um coletor solar. Outra forma de aplicação direta, muito comum, é a secagem de roupas e alguns produtos obtidos por meio de processos de produção com tecnologia simples.
- **Térmica.** Denomina-se "térmica" a utilização da energia solar com a finalidade de promover o aquecimento de algum meio. A climatização de ambientes, calefação, refrigeração ou mesmo a secagem, são consideradas aplicações térmicas
- **Fotovoltaica.** O termo "fotovoltaica" é utilizado para se referir a energia solar aproveitada por meio de células fotoelétricas, capazes de converter a luz solar em um potencial elétrico, sem contudo gerar um efeito térmico.

2.2 Energia Eólica

A energia eólica é a energia extraída do vento. As aplicações mais comuns são ligadas ao transporte (veleiros), à geração elétrica e ao bombeamento de água. A energia eólica é derivada da energia solar, porque uma parte do movimento do ar atmosférico se

deve ao aquecimento causado pelo Sol, sendo influenciado também, pelo efeito da rotação da Terra e pela atração gravitacional da Lua e do Sol.

2.3 Energia da Biomassa (fotossíntese)

A forma mais antiga de aproveitamento da energia solar, inventada pela própria Natureza, é a fotossíntese. Mediante este mecanismo, as plantas elaboram seu próprio alimento (sua fonte de energia) e também a de outros seres vivos através das cadeias alimentares. É também através da fotossíntese que se obtém outros produtos, como a madeira, que apresenta muitas aplicações, entre elas o seu valor energético como combustível. A partir da fotossíntese pode-se utilizar a energia solar para produzir substâncias com alto conteúdo energético, liberado através da combustão, como é o caso do álcool e do gás metano.

2.4 Energia das Ondas

Também propõem-se aproveitar, em certos lugares privilegiados, o movimento de vai-e-vem das ondas do mar para gerar energia elétrica. As ondas, por sua vez, são produzidas pelo efeito direto do vento sobre a água, representando portanto, uma forma derivada da energia solar.

2.5 Energia Hidráulica

A energia hidráulica é obtida a partir das quedas de água, artificiais ou naturais. Tipicamente constroem-se represas nos lugares que apresentam uma combinação favorável de acúmulo anual de água e condições geográficas adequadas. Estritamente falando, podemos considerar também que esta é uma forma derivada da energia solar, porque o Sol provém a força impulsora do ciclo hidrológico. Sem restrições, tradicionalmente considera-se esta fonte como uma forma de energia a parte.

No Brasil, esta é a maior fonte de geração de energia elétrica. Associada a um grande sistema distribuidor da eletricidade, disponibiliza energia para a maior parte do país, exceto para as regiões isoladas como é o caso de muitas comunidades localizadas na região norte do país.

Neste caso, estudos recentes mostram que a utilização de sistemas híbridos diesel/fotovoltaicos na geração de energia elétrica em comunidades isoladas pode ser uma alternativa. Valente e Almeida (1998), focalizando a região norte-brasileira, onde expressivo número de usinas apresentam capacidade instalada inferior a 100 kVA, apresentam resultados bastante positivos da associação de sistemas fotovoltaicos a sistemas à diesel (sistema híbrido). No entanto, apesar de mostrar vantagens como reduzido consumo de combustível e custos de operação, a utilização do sistema híbrido ainda é pouco satisfatória, uma vez que o investimento inicial requerido é bem maior que o de um sistema à diesel convencional.

Bazzo et al. (1999), apresentam um estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema isolado híbrido diesel/fotovoltaico, para a aplicação de uma usina com capacidade de 300 kVA e com pico de

carga no período noturno. Eles mostram que a preços atuais de mercado, a opção por um sistema híbrido exige investimentos parcialmente subsidiados na ordem de 60% ou mais, para obtenção de taxas de retorno de 12%. No entanto, o interesse por esta nova tecnologia aumenta significativamente à medida que o preço de óleo diesel tende a aumentar e os custos de aquisição dos sistemas fotovoltaicos tendem a diminuir.

Segundo Quintanilla (2000), o mercado latino-americano de energia solar fotovoltaica tende a crescer substancialmente, pois com as pressões mundiais para a redução da emissão de poluentes, o governo de alguns países, como o México, já avaliam um plano de curto prazo para investir na total substituição do GLP (gás liquefeito do Petróleo) utilizado nas residências de grandes centros urbanos, tais como a região metropolitana da Cidade do México.

3.0- O SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Diante do contexto de novas formas de geração de energia elétrica, a utilização de energia solar na geração de eletricidade vem progressivamente apresentando-se como uma importante alternativa, economicamente viável e ecologicamente aceita, adequada sobretudo para regiões isoladas, onde os custos para instalação de sistemas convencionais são relativamente altos. Os sistemas fotovoltaicos são caracterizados por elevada confiabilidade e pouca manutenção, sendo seu elevado custo inicial, muitas vezes compensado pelo baixo custo operacional. Através do efeito fotovoltaico, as células solares contidas nos painéis convertem a energia luminosa do sol, diretamente em energia elétrica segura, não poluente, renovável e ainda exigindo mínima manutenção.

Define-se energia solar fotovoltaica como uma fonte de energia renovável obtida pela conversão de energia luminosa solar em energia elétrica. Um sistema típico de aproveitamento da energia solar fotovoltaica consiste basicamente de três elementos: os módulos fotovoltaicos, os controladores de carga e, quando necessário, as baterias.

Os módulos são constituídos pelas células fotovoltaicas, ou seja, pelas superfícies geradoras de energia elétrica, que transformam diretamente a energia solar. Essas superfícies não possuem partes móveis que se desgastam ou sofrem avarias e atuam sem o uso de combustíveis, sem vibrações, silenciosamente e sem prejudicar o meio ambiente. Já o controlador de carga é um dispositivo de fundamental importância para preservar as baterias, aumentando sua vida útil.

Recentemente, além dos sistemas solares fotovoltaicos acoplados a baterias, também chamados sistemas autônomos, vêm sendo utilizados outros sistemas com interligação direta à rede elétrica pública, como o que ocorre com usinas geradoras em paralelo. Desta forma, fica dispensado o uso dos sistemas acumuladores (baterias), com benefício na redução do custo de investimento do sistema.

Com o crescente interesse por instalações conectadas à rede elétrica, onde tensões de 110 ou 220 volts são utilizadas, torna-se necessário a utilização de um sistema inversor, responsável pela conversão da energia gerada pelos painéis fotovoltaicos (que geram energia elétrica em corrente contínua – CC) em corrente alternada – CA e em níveis de tensão e frequência de rede, com baixo teor de harmônicos e onda de forma senoidal.

A energia solar fotovoltaica vem sendo intensamente aplicada por países como Alemanha, Japão, Estados Unidos, pois tem o apoio de programas que visam aumentar a escala de produção dos painéis fotovoltaicos e com isso reduzir os custos para produção em massa dos atuais valores de cerca de US\$ 4,00 /Wp para US\$ 2,50/Wp até o ano de 2008, conforme tendência apresentada por Bazzo et al. (1999).

4.0- ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A viabilidade econômica da instalação de um sistema depende do custo de produção de eletricidade cobrir os custos suplementares em relação ao sistema de atendimento convencional. No caso da instalação de um sistema de geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos em uma comunidade rural, o benefício anual esperado depende do custo de produção de eletricidade cobrir os custos relacionados à expansão de energia elétrica.

Para o estudo da viabilidade econômica foi adaptada a metodologia desenvolvida por Silveira (1994) e Silveira et al. (1995) com algumas considerações, entre elas, a adoção de um período de funcionamento do sistema de 6 horas por dia, o que durante um período de 360 dias, representa um tempo de operação de 2160 horas/ano. Este período de funcionamento diário é restrito ao horário em que a oferta de energia solar está disponível, e recomendado como máximo permissível no caso dos sistemas solares fotovoltaicos para a região amazônica.

A avaliação do custo de eletricidade para o sistema fotovoltaico leva em consideração os investimentos necessários na aquisição, instalação e os gastos na operação e manutenção do sistema. No caso da microcentral fotovoltaica de 15 kW, o investimento necessário na aquisição de placas é diretamente proporcional ao custo específico dos painéis solares. Atualmente, esse investimento requerido para a aquisição de placas fotovoltaicas é da ordem de US\$ 4,00 / Wp (Bazzo et al., 1999).

Considerando a necessidade de instalação de um inversor e componentes periféricos e estruturais, o investimento pode subir cerca de 25%. Foram consideradas ainda duas possibilidades de estudos econômicos. Na primeira, a comunidade isolada conta com uma linha de transmissão de eletricidade nas proximidades, entretanto, o sistema fotovoltaico vem auxiliar uma eventual necessidade de aumento do sistema de geração de energia elétrica. Nesse caso, avalia-se o benefício esperado em função do custo da

tarifa de eletricidade local. Na segunda, a comunidade isolada não dispõe de recursos de transmissão de energia elétrica e portanto, a geração de eletricidade através dos sistema fotovoltaico deve suprir a demanda em períodos quando a geração solar for insuficiente (ou à noite). Neste caso, o sistema necessita de um meio de acumulação de energia gerada, com um custo adicional de cerca de 20% relacionado à aquisição e manutenção de baterias, conforme Valente e Almeida (1998).

Levando esses fatores em consideração, o custo de produção de eletricidade (C_{el} , em US\$/kWh) no sistema fotovoltaico pode ser determinado a partir da equação 1:

$$C_{el} = \left(\frac{I_{pl} \cdot f}{H \cdot E} \right) + C_{man} + C_{oper} \quad (1)$$

Onde: I_{pl} representa o investimento total necessário na planta considerando sua condição de aplicabilidade [US\$]; H é o número de horas de operação [h/ano]; C_{man} é o custo de manutenção [US\$/kWh] e C_{oper} é o custo de operação [US\$/kWh]. Na equação 1, E representa a energia elétrica gerada [kWh] e f é o fator de anuidade [1/ano] determinado segundo a equação 2:

$$f = \frac{q^k \cdot (q-1)}{q^k - 1} \quad (2)$$

com

$$q = 1 + \frac{r}{100} \quad (3)$$

sendo r a taxa anual de juros [%] e k o período de amortização ou "pay back" [anos].

O benefício anual [US\$/ano] decorrente da implantação do sistema de geração de eletricidade fotovoltaica, calculado conforme a equação 4, é determinado pela soma dos ganhos associados a produção de eletricidade. O benefício é função também da eletricidade consumida pela comunidade, que neste caso foi considerada como sendo toda a quantidade produzida (15 kW).

$$\text{Benefício esperado} = E_c \cdot H \cdot (P_{el} - C_{el}) \quad (4)$$

Onde: E_c representa a energia elétrica consumida [kWh] e P_{el} é o custo unitário de eletricidade [US\$/kWh], que possivelmente seria adquirida a partir de uma concessionária.

Para o caso da comunidade não dispor de recursos de transmissão de energia elétrica, ou seja, caso haja a necessidade de armazenamento, o benefício anual [US\$/kWh] decorrente da implantação do sistema fotovoltaico é calculada pela equação 5:

$$\text{Benefício esperado} = E_c \cdot H \cdot (C_{Mex} - C_{el}) \quad (5)$$

Onde: C_{Mex} é o custo marginal de expansão da oferta de energia elétrica [US\$/kWh]

Deve-se observar que este benefício esperado (nos 2 casos) será fortemente influenciado a partir da taxa de

subsídio considerada, uma vez que influi diretamente na determinação do investimento total, e portanto, no custo de produção de eletricidade (C_{el}).

Os cálculos foram feitos levando em consideração a redução do custo de produção dos painéis fotovoltaicos. Assim, acompanhando a tendência de queda contínua, foram analisados casos específicos para custos de instalação entre US\$ 2,00 e US\$ 4,00 por Wp. Explorou-se valores até 10 anos para o período de amortização de capital, uma vez que o sistema fotovoltaico apresenta em média, tempo de vida útil de 25 anos (Rüther, 1998).

A Figura 1 mostra que aos preços atuais de US\$ 4,00/Wp, para taxas de juros de 8% ao ano, o investimento não se torna atraente na ausência de subsídios. Para o caso da comunidade isolada que não possui recursos de distribuição de eletricidade, a análise do benefício esperado foi calculada em função do custo marginal de expansão, ou seja, em função do custo equivalente a instalação de sistemas de transmissão de eletricidade. Os resultados mostram que com subsídios de 50%, o sistema será atraente caso o custo marginal da expansão seja superior a US\$ 0,22/kWh.

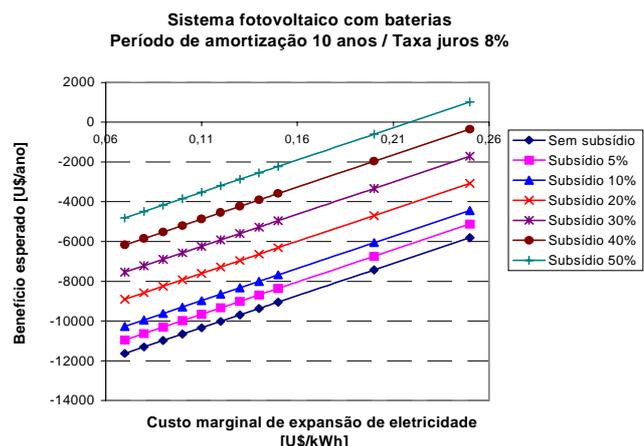


FIGURA 1 – Benefício anual esperado considerando o preço dos painéis a US\$ 4,00/Wp

A Figura 2 apresenta os cálculos do benefício esperado em função da tarifa de eletricidade local de uma comunidade isolada que apresente uma linha de transmissão e distribuição, e necessita de expansão em recursos de eletricidade. Observa-se que mesmo com subsídios de 50%, o sistema torna-se atraente caso o custo da tarifa local seja superior a US\$ 0,19/kWh.

Entretanto, caso o custo para aquisição de painéis reduza para US\$ 2,00/Wp, é possível esperar viabilidade de investimentos a partir de um custo de expansão superior a US\$ 0,15/kWh, garantido um subsídio de 40% nos recursos de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico. Isto representa uma economia de cerca 32% na tarifa de eletricidade, em relação à aquisição de um sistema fotovoltaico com custo de US\$ 4,00/Wp, subsidiado com uma taxa de 50%.

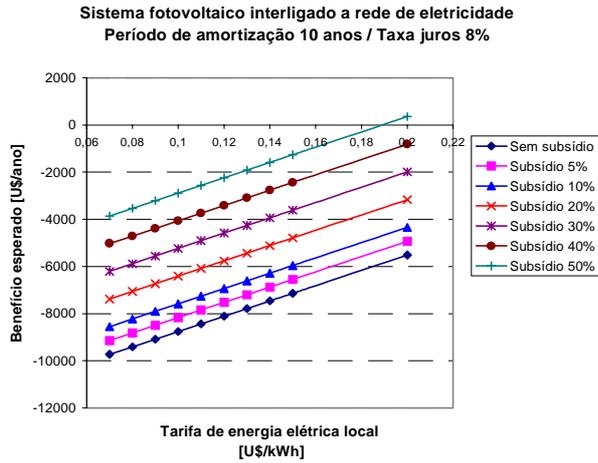


FIGURA 2 – Benefício anual esperado considerando o preço dos painéis a US\$ 4,00/Wp

No caso do sistema interligado à rede pública, considerando um subsídio da ordem de 40%, o retorno esperado garante atratividade a partir de tarifas locais de energia elétrica superiores a US\$ 0,13/kWh, caso o custo de aquisição de painéis reduza para a margem de US\$ 2,00/Wp. Estes resultados são apresentados nas Figuras 3 e 4 a seguir.

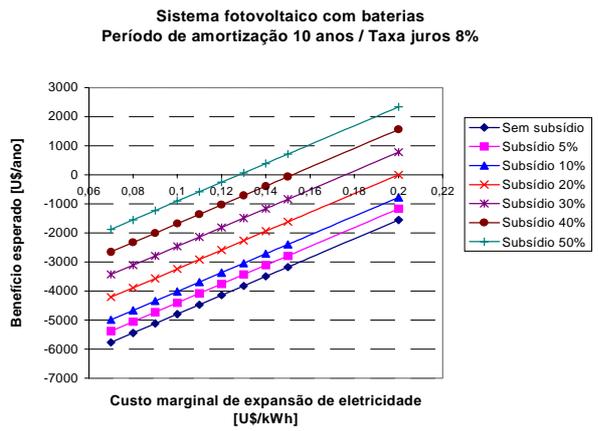


FIGURA 3 – Benefício anual esperado considerando o preço dos painéis a US\$ 2,00/Wp

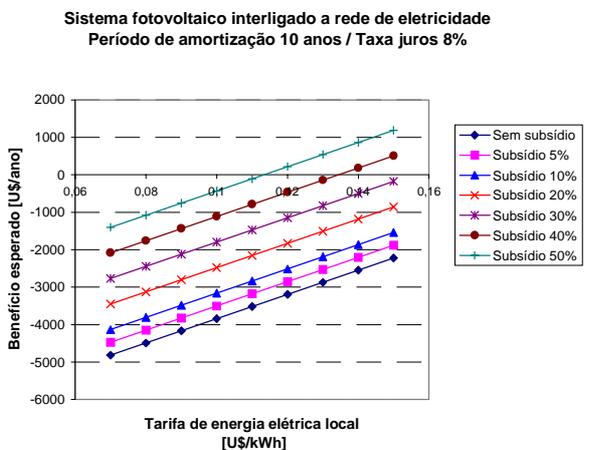


FIGURA 4 – Benefício anual esperado considerando o preço dos painéis a US\$ 2,00/Wp

Pela análise das Figuras 5 e 6, ainda garantido um subsídio de 40%, observa-se uma redução substancial de 30 a 40% no custo de produção de eletricidade em virtude da eventual diminuição do custo de investimento das placas do sistema. É possível observar neste caso, como custo de produção de eletricidade varia em função da taxa de subsídio financiada pelo governo. Observa-se a sensível redução no custo de eletricidade obtido em função do subsídio, onde para taxas de juros comerciais de 8%, os valores chegam a variar de US\$ 0,370 /kWh (sem subsídio) para até US\$ 0,225/kWh com o sistema subsidiado em 40%, quando o custo de aquisição das placas é de US\$ 4,00/Wp.

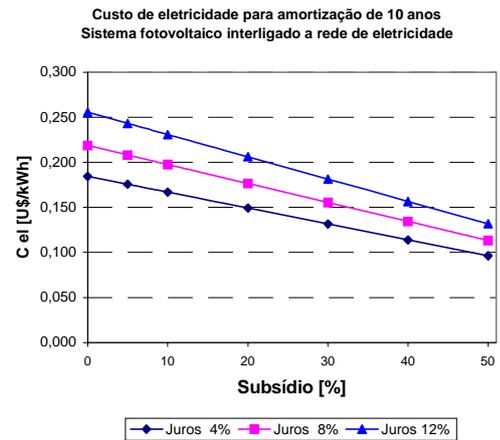


FIGURA 5 – Custo de produção de eletricidade considerando custo dos painéis a US\$ 2,00/Wp

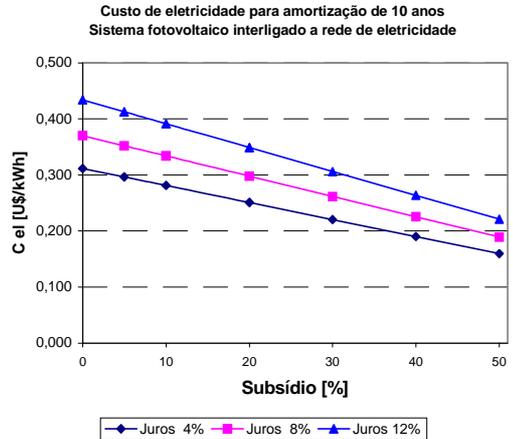


FIGURA 6 – Custo de produção de eletricidade considerando custo dos painéis a US\$ 4,00/Wp

Nas Figuras 7 e 8, são apresentados os custos de eletricidade variando em função da taxa de subsídio para um sistema fotovoltaico com baterias instalado em uma comunidade isolada. Neste caso, para taxas de juros de 8% ao ano e com subsídio de até 40%, observa-se a redução do custo de eletricidade de US\$ 0,430/kWh (sistema sem subsídio) para até US\$ 0,261/kWh com o custo de aquisição de painéis a US\$ 4,00/Wp. A figura 9 apresenta o benefício em função do período de amortização para ambos os sistemas considerados.

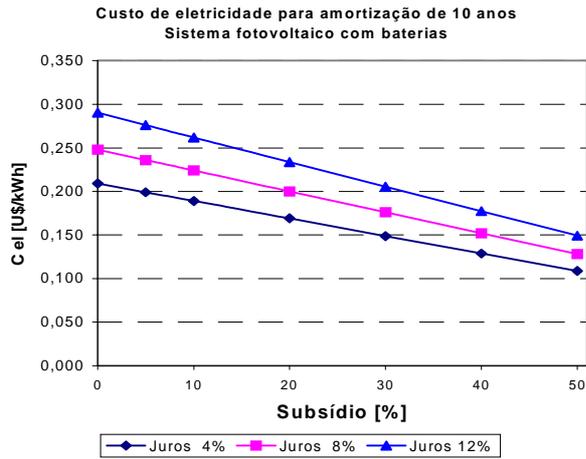


FIGURA 7 – Custo de produção de eletricidade em função do subsídio considerando custo dos painéis a US\$ 2,00/Wp (Sistemas com baterias)

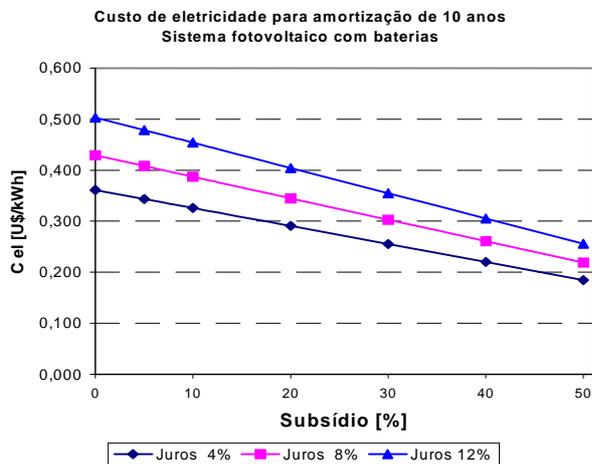


FIGURA 8 – Custo de produção de eletricidade em função do subsídio considerando custo dos painéis a US\$ 4,00/Wp (Sistemas com baterias)

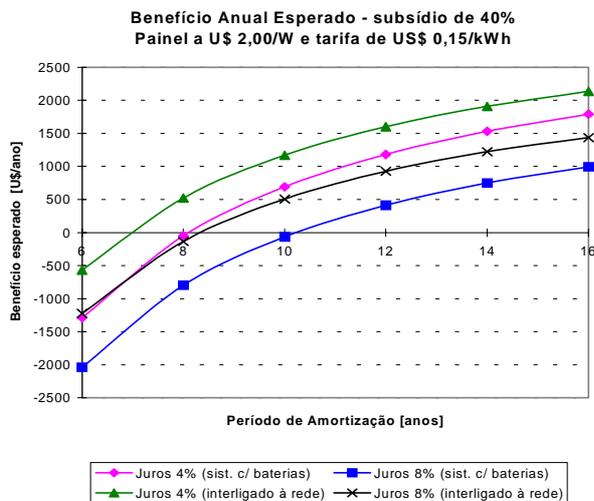


FIGURA 9 – Benefício esperado em função do período de amortização

É possível verificar através da Figura 9, que a viabilidade econômica para o sistema proposto é alcançada a partir de um período de amortização de capital que varia de 7 a 10 anos para taxas anuais de juros de 4 e 8%, considerando ambos os casos, interligação do sistema à rede elétrica e de utilização de baterias.

5.0- CONCLUSÕES

A utilização de sistemas solares fotovoltaicos no Brasil, assim como em todo o mundo, depende ainda de subsídios para alcançar viabilidade econômica mantidos os custos atuais da tecnologia, sem levar em conta os benefícios indiretos da geração limpa que esta tecnologia proporciona. Os investimentos que vêm sendo realizados atualmente na área, por países desenvolvidos (e muito menos ensolarados que o Brasil), visam gerar volumes de produção necessários, para que o custo de aquisição dos painéis reduza em torno de US\$ 2,00/Wp considerados neste trabalho. Esta redução de custos deve ser atingida nos próximos anos com a tecnologia existente hoje, dependendo somente do volume de produção. Pelos elevados níveis de radiação solar incidentes no Brasil (1200W/m²) em comparação às nações onde a tecnologia fotovoltaica vem recebendo investimentos de maior vulto, pode-se esperar que a energia solar fotovoltaica venha a ser mais competitiva no cenário energético nacional.

6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BAZZO, E.; RÜTHER, R. e MARTINS, D.C.; "Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de um Sistema Isolado Híbrido Diesel/Fotovoltaico", Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, SP, Nov./1999.
- (2) QUINTANILLA, J., Potencia – Revista Latinoamericana de Electricidad, Ano 6, Edicion nº 2, Ed. Pennwell, p. 34-38, Março/Abril 2000.
- (3) PALZ, W.; "Energia Solar e Fontes Alternativas"; Ed. Hemmus, SP, 358p., 1981.
- (4) RÜTHER, R., "Instalações Solares Fotovoltaicas Integradas a Edificações Urbanas e Interligadas à Rede Elétrica Pública", Trabalho apresentado no Depto. Eng. Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 1998.
- (5) SILVA, M. J.; SILVEIRA, J.L; GOUVÊA, P.E.M. e RÜTHER, R.; "Energia Solar Fotovoltaica para Geração Descentralizada de Eletricidade no Brasil: A Necessidade de Subsídio por Parte do Governo"; IV CLAGTEE - Congresso Latinoamericano de Generación y Transporte de Energia Electrica; Seção II, p.1-7, Viña del Mar/Chile, Nov/2000.
- (6) SILVEIRA, J. L.; "Cogeração disseminada para pequenos usuários; estudo de Casos para o Setor Terciário", Tese de Doutorado, Faculdade Estadual de Campinas/UNICAMP, Campinas/SP, 1994.
- (7) SILVEIRA, J.L., WALTER A.C.S. e LUENGO, C.A.; "Cogeneration for Small User: Case Studies for Brazilian Tertiary Sector", Proceedings of 1995 ASME COGEN TURBO, August, 1995.
- (8) VALENTE, L.C.G e ALMEIDA, S.C.A.; "Economic Analysis of a Diesel/Photovoltaic Hybrid System for Decentralized Power Generation in Northern Brazil", Energy Journal, vol. 23, nº 4, p.317-323, 1998.