

CUSTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONSIDERANDO INCERTEZAS: ESTUDO DE CASO PARA A CÂMARA DOS DEPUTADOS

Raphael Felipe de Sousa – raphaelfelipe85@yahoo.com.br

Mauro Moura Severino – mauroseverino@ene.unb.br

Rafael Amaral Shayani – shayani@ene.unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. Este documento apresenta um estudo de caso realizado para avaliar a viabilidade técnico-econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos para o edifício do Anexo II da Câmara dos Deputados, em Brasília. O estudo tem por objetivo analisar, além dos preços dos equipamentos utilizados nos arranjos fotovoltaicos cotados na época da produção do artigo (julho de 2009), incertezas de mercado que influenciam direta ou indiretamente no custo dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia e consequentemente no custo de energia gerada por esses sistemas.

Palavras-chave: Análise de custos, Energia Solar, Fonte renovável, Incertezas.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é uma promissora fonte de energia renovável que vem ganhando espaço no mercado mundial (IEA–PVPS, 2008). O custo de produção de painéis fotovoltaicos e consequentemente o preço da energia produzida por eles era, inicialmente, muito alto, mas vem seguindo uma tendência de queda de preço devido ao aperfeiçoamento de novas tecnologias e ao aumento da demanda no mercado mundial (IEA–PVPS, 2008).

Um grande benefício dos sistemas fotovoltaicos para o setor elétrico brasileiro é que a geração geralmente ocorre próximo aos pontos de consumo. Isso, além de evitar gastos com a implantação de linhas de transmissão e de distribuição, também elimina as perdas elétricas dessas etapas.

Pelo fato de a fonte de energia ser renovável e os custos de implantação do sistema fotovoltaico estarem reduzindo, surgiu a motivação para a realização de um estudo com o objetivo de analisar o custo de implantação de sistemas fotovoltaicos de geração de energia. O custo de sistemas fotovoltaicos é afetado por diversos fatores, sendo que alguns independem de questões técnicas. Por isso esse estudo inclui a comparação do custo da energia produzida por sistemas fotovoltaicos, considerando algumas incertezas inerentes ao mercado.

As incertezas consideradas na análise dos custos de implantação de sistemas fotovoltaicos são possíveis variações de mercado como: custo de painéis fotovoltaicos e equipamentos utilizados na produção e armazenamento de energia, cotação do moeda nacional (R\$), valor de frete e importação, taxa de juros e valores de energia elétrica produzidas por outras fontes de energia. Essas variações influenciam o valor da implantação e/ou manutenção desses sistemas e consequentemente na viabilidade econômica do sistema.

Além disso, o valor da energia convencional (hidrelétrica), que também é levado em consideração nesse estudo, vem sofrendo aumentos de tarifa devido ao impacto ambiental das novas hidrelétricas, necessárias para que não haja escassez de energia. Um parâmetro importante que deve ser considerado em algumas regiões, onde não há energia hidrelétrica disponível, é o custo de linhas de transmissão e distribuição necessárias.

Um estudo de caso é apresentado, considerando a instalação de sistemas de geração fotovoltaica de energia elétrica no prédio do Anexo II da Câmara dos Deputados, em Brasília. A metodologia utilizada permite que a análise realizada nesse estudo, considerando incertezas, possa ser replicada em outros locais.

2. SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA A CÂMARA DOS DEPUTADOS

O trabalho estuda a viabilidade de se implantar sistemas solares fotovoltaicos, em diversas configurações, para suprir a energia de parte da iluminação do edifício do Anexo II da Câmara dos Deputados, em Brasília. A motivação para realizar os estudos nesse edifício é o fato de a construção ser baixa, plana e possuir o telhado extenso e que não é utilizado por mais nenhuma aplicação, nem mesmo arquitetônica e que poderá ser utilizado para colocação dois painéis sem causar nenhum impacto ao edifício, nem mesmo paisagístico.

As cargas a serem atendidas pelos sistemas estudados são as de iluminação de todos os corredores do edifício citado.

Nesse estudo foram consideradas diversas configurações possíveis: (i) que o sistema de iluminação dos corredores fosse totalmente suprido por energia fotovoltaica, como se fosse um sistema isolado; (ii) que fosse suprido com energia fotovoltaica apenas durante o período de irradiação solar, utilizando energia da concessionária durante os demais momentos; (iii) utilizando a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos para suprir a demanda no horário de ponta, em que a energia da concessionária tem tarifa mais elevada; (iv) utilização do sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica, em que o sistema utilizaria a energia da concessionária como complemento da energia fotovoltaica quando a produção não fosse suficiente para atender à carga e que o sistema injetasse energia para outras cargas do edifício caso a produção de energia pelos painéis fosse superior à demanda do sistema de iluminação.

Como atividade inicial foram realizadas medições das áreas que efetivamente podem ser utilizadas para instalação dos arranjos fotovoltaicos, levando em consideração possível sombreamento de árvores e dos prédios vizinhos, e também o levantamento toda a carga de iluminação dos corredores do Anexo II.

A área disponível para instalação de painéis é a área do telhado do edifício, que não é utilizada por nenhuma outra aplicação e possui uma área disponível de aproximadamente 6.282 m². O telhado do edifício não recebe nenhum tipo de sombreamento.

Essa medida, juntamente com a quantidade necessária de painéis, possibilitará analisar se o espaço disponível é suficiente ou não para a instalação dos arranjos.

Além do espaço disponível para a instalação de painéis fotovoltaicos e da carga a ser suprida pela energia fotovoltaica, foi necessário conhecer algumas condições climáticas da cidade, tais como: a média diária de irradiação solar incidente no local, a quantidade máxima de dias seguidos que a região fica sem receber nada, ou muito pouco, de irradiação solar durante o ano (para dimensionamento de baterias) e temperatura ambiente.

A temperatura ambiente influencia o rendimento dos módulos fotovoltaicos e a irradiação solar incidente é fundamental para estimar potência gerada pelos painéis, dada a irradiação solar que ele recebe.

Os dados de irradiação solar e temperatura foram obtidos com informações do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2009). O INMET possui diversas estações meteorológicas espalhadas pelo país, sendo uma delas em Brasília, de onde foram retirados os dados necessários.

Os dados foram obtidos desde as 0:00h do dia 01/01/2008 até as 23:00h do dia 31/06/2009, o que gerou 12.368 horas com medição (algumas horas não tiveram medição). Desse total de horas com medição, cerca de 40% (entre 9 e 10 horas) correspondem ao período noturno, portanto sem irradiação. Dos 60% (7.420) de dados restantes, alguns apresentaram falhas, como irradiação solar negativa, e por isso foram desconsiderados. Após a retirada dos valores de irradiação solar negativa o número de horas medidas diminuiu para 6.557, o que representa que 88% dos dados válidos foram considerados na análise.

No período analisado, janeiro de 2008 e junho de 2009, a média de irradiação mensal foi de 5,26kWh/(m².dia). O mês de setembro de 2008 foi o mês com a maior média, chegando a 7,76kWh/(m².dia). Já o mês de abril de 2009 foi o mês que teve a menor média, com o valor de 4,18 kWh/(m².dia) e foi justamente a irradiação média desse mês que foi considerada para o dimensionamento dos painéis. Isso foi feito de forma conservadora para que o sistema possa atender à demanda das cargas inclusive nos meses com baixo índice de irradiação solar. Esses valores de irradiação são obtidos no eixo horizontal da superfície. Porém os painéis devem ser instalados com uma inclinação que maximize a incidência solar sobre ele.

Uma vez inclinado a irradiação recebida é calculada.

O cálculo da irradiação incidente sobre uma superfície inclinada pode ser feito de acordo com a Eq. 01 (Rodríguez, 2006):

$$Ga(\beta) = \left[\frac{Ga(0)}{1 - 4,46 \times 10^{-4} \times \beta - 1,19 \times 10^{-4} \times \beta^2} \right] \quad (1)$$

Onde $Ga(\beta)$ é o valor de irradiação sobre uma superfície inclinada e β é o ângulo que permite a máxima captação da irradiação solar.

O valor de β é dado pela latitude local, sendo aproximadamente 15° em Brasília.

Com isso a irradiação sobre uma superfície inclinada em Brasília é calculada considerando a irradiação média sobre o plano horizontal (4,18 kWh/(m².dia)) e o ângulo de inclinação (15°). O valor encontrado, e que será considerado de irradiação solar é de 4,29 kWh/m².dia.

A energia diária produzida pelo arranjo fotovoltaico pode ser calculada pela Eq. 02 (Lorenzo, 1994):

$$Ed = Pnom \times Gsp \times FS \times nt \quad (2)$$

Em que:

Ed é energia diária produzida pelo sistema;

$Pnom$ é a potência nominal instalada, que é a potência máxima entregue pelo arranjo fotovoltaico nas condições padrões de teste (CPT);

Gsp é quantidade de horas de sol pleno. Essa medida é feita dividindo a irradiação diária efetiva por 1000, que é a irradiação das condições padrões de teste. O valor calculado que será utilizado é de 4,29h.

FS é o fator que expressa as perdas por sombreamento;

nt é o rendimento global da instalação.

A potência nominal do painel utilizado é de 124 Watts e tem margem de variação de $\pm 5\%$. Para o dimensionamento dos sistemas, a potência nominal foi considerada a mesma especificada pelo fabricante, pois a potência das cargas foi sobredimensionada em 10% para compensar eventuais perdas do sistema e possíveis aumentos de carga.

O Fator de Sombreamento representa a porcentagem de irradiação que chega aos painéis devido a sombras, causadas por árvores, prédios, etc. Como não foi verificada sombra sobre o prédio do Anexos II, o fator de sombreamento é 1.

O Rendimento Global leva em consideração as perdas ocorridas nos equipamentos, perdas por temperatura e todas as perdas entre a produção de energia e a carga. Isso significa que a potência que deverá ser instalada não é somente a potência das cargas, mas sim a potência das cargas mais as perdas. Para sistemas isolados, o rendimento médio é de 0,6, enquanto que nos sistemas conectados à rede, varia entre 0,7 e 0,75 (CRESESB, 1999). Será calculada a eficiência para o presente projeto e será adotada, de forma conservadora, a menor eficiência entre a calculada e a média.

- Temperatura: Os painéis utilizados (PVL-124), são painéis de silício amorfo que possuem alta resistência à temperatura. Isso significa que a sua potência não varia muito com o aumento da temperatura. O coeficiente de potência em relação à temperatura é de $-0,26W/^{\circ}C$. Isso significa que a cada grau de temperatura a mais do que $25^{\circ}C$, que é a temperatura das condições padrões de teste, a potência que o painel pode disponibilizar diminui 0,26W.

A partir das análises realizadas com os dados obtidos pelo INMET, a temperatura máxima ocorrida em Brasília entre 01/01/2008 e 31/06/2009 foi de $34,9^{\circ}C$. Logo, de forma conservadora, será considerada a temperatura de $35^{\circ}C$ para calcular a perda nos painéis devido à temperatura. As perdas máximas são de 2,6W, o que representa 2,1%

- Fiação: A fiação utilizada entre o gerador fotovoltaico e a carga também é responsável por uma parcela de perda. A eficiência da fiação média é de 98% (CRESESB).

- As Baterias também geram perdas, chegando a aproximadamente 5% (CRESESB, 2005).

- Os controladores de carga, TriStar 60 da fabricante MORNINGSTAR, tem consumo irrisório de potência, que não chega a 0,5%. Será adotada eficiência de 99,5%.

Os inversores utilizados, Pro Sine 1800i, da marca XANTREX e GCI 1500 da marca CINTRAX tem eficiência maior que 94%, logo será considerada 94%.

Para sistemas com baterias foi encontrada eficiência global de 0,77 e para os sistemas sem baterias a eficiência foi de 0,87. Logo serão considerados os valores sugeridos (CRESESB, 1999), que é de 0,6 para sistemas com bateria e 0,75 para sistemas sem baterias.

3. ANÁLISE DE CARGAS

A Tab. 1 apresenta a demanda de potência e energia que o sistema fotovoltaico deverá suprir. A potência considerada para o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos foi considerada 10% superior à potência levantada, por isso a tabela abaixo possui uma coluna com a potência instalada mais 10% de margem. Essa margem foi dada para possíveis expansões da iluminação. A iluminação é composta por 536 lâmpadas fluorescente compactas de 15W cada e 12 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W cada.

Tabela 1. Potência e energia de iluminação

Circuito normal: ligado das 06:30 às 23:30h				
Circuito emergência: ligado durante 24 horas				
	Potência (W)			Energia (kWh)
	NORMAL	EMERGÊNCIA	TOTAL + 10%	DIÁRIA
Anexo II	7280	1144	9.266	166,34

4. SISTEMAS ANALISADOS

A análise dos diversos sistemas que serão apresentados não visa comparar, necessariamente, o suprimento de energia da mesma carga. Todos os sistemas visam a redução da utilização de energia proveniente da concessionária de distribuição, porém de maneiras distintas. Há sistemas que visam substituir completamente a energia da concessionária e sistemas que utilizam a energia solar fotovoltaica para complementar a energia convencional.

A Fig. 1 mostra, de forma genérica, a relação entre o consumo de energia do local pela produção de energia durante um dia. Como pode ser visto, em algumas horas do dia o valor da produção de energia é superior a demanda e em outros momentos o consumo é maior do que a produção. Devido à essa característica é possível o armazenamento de energia por

determinados período para se utilizar em momentos que não há irradiação solar ou a irradiação não é suficiente para gerar a energia demandada.

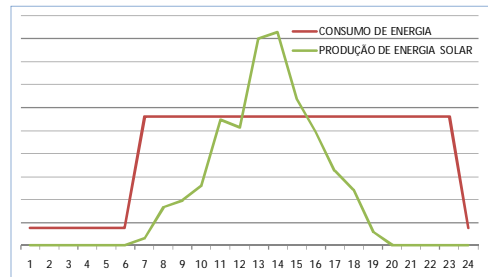


Figura 1 - Relação genérica entre irradiação solar e consumo de energia no Anexo II da Câmara dos Deputados em Brasília-DF.

SISTEMA ISOLADO

Nesse sistema utiliza-se apenas energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos, e armazenada em baterias, para o suprimento da demanda de energia pelas cargas, ou seja, o sistema é totalmente independente da rede convencional.

Baterias:

O dimensionamento das baterias foi realizado utilizando a Tab. 2 (CRESESEB, 1999). Para esse dimensionamento foram utilizados parâmetros de baterias de ciclo profundo com capacidade de 220Ah (Ampère-Hora), considerando no máximo dois dias consecutivos sem irradiação solar. Além desse parâmetros foi necessário calcular o consumo em Ampere-Hora, de acordo com a carga de cada edifício para o dimensionamento das baterias. A partir da Tab. 2 foram calculadas 170 baterias para o sistema isolado.

Tabela 2. Dimensionamento de baterias

CONSUMO Ah CORRIGIDO (Ah/dia)	X	DIAS DE ARMAZENAMENTO	/	PROF DESC MÁX. (DECIMAL)	/	DESCONTO POR TEMP. (DECIMAL)	=	CAP. NECESSÁRIA. P/ A BAT (Ah)	/	CAP DA BAT (Ah)	=	NÚM DE BAT EM PARALELO
TENSÃO NOMINAL DO SISTEMA (V)	/	TENSÃO NOMINAL DA BATERIA (V)	=	NÚM DE BAT EM SÉRIE	X	NÚM DE BAT EM PARALELO	=	NÚMERO TOTAL DE BATERIAS				

Painéis

Com os valores de energia diária total (com o acréscimo de 10%) obtido, a potência nominal do módulo fotovoltaico a ser utilizado e a irradiação solar podemos calcular a quantidade de painéis necessária, utilizando a Eq. 03, onde n é a quantidade de painéis necessária para gerar a energia diária necessária (Ed). Os painéis utilizados são de potência nominal de 124W. A potência que deverá ser instalada no Anexo II é de 64.562,18kW, o que exige a instalação de 520 painéis de 124W cada.

$$n = \frac{Ed}{Pnom \times Gsp \times FS \times nt} \quad (3)$$

Controlador de carga

O controlador de carga a ser utilizado é o TriStar 60 (Morningstar), que é um controlador configurável que suporta corrente de 60A. Calculando se a corrente absorvida pela sistema e a corrente nominal do equipamento utilizado, serão necessários 05 (cinco) controladores de carga.

Inversor CC/CA

Serão utilizados inversores Pro Sine 1800i (Xantrex). Esses inversores possuem potência nominal de 1800W. Portanto, como a potência instalada de painéis é de 9.266W, serão necessárias seis unidades desses inversores.

SISTEMA EM HORÁRIO DE PONTA

Ao longo das 24 horas do dia, o consumo de energia é variável, atingindo valores máximos entre as 17h e 22h. De acordo com o perfil da carga de cada concessionária são escolhidas três horas consecutivas, compreendidas no intervalo

entre 17h e 22h, dos dias úteis, definido como HORÁRIO DE PONTA, em que a tarifa cobrada é maior do que nos demais horários (FORA DE PONTA). Em Brasília a concessionária adotou o horário de ponta entre 18h e 21h.

O sistema em horário de ponta utiliza a energia da concessionária durante os horários que possuem tarifa normal e a energia fotovoltaica durante o horário de ponta, em que a energia é mais cara. Porém, toda a energia que será utilizada nesse horário, que geralmente possui baixa irradiação solar, deverá ser gerada durante o dia e armazenada em baterias.

Brasília adota o horário de verão e no dias com horário de verão há produção de energia fotovoltaica mesmo no horário de ponta, pois há irradiação solar após as 18h. De modo conservador será considerado o período sem horário de verão para o dimensionamento, ou seja, não será considerado que haverá produção de energia fotovoltaica no horário de ponta.

Esse sistema é parecido com o sistema isolado, porém necessita de uma quantidade menor de equipamentos, devido ao fato de a energia ser menor, pois aqui a energia diária a ser suprida pelo sistema é de apenas três horas. O dimensionamento dos equipamentos foi realizado da mesma forma do sistema isolado, porém a energia diária é de 27.799kWh, ao invés de 166.337kWh do sistema isolado.

A seguir é apresentada a Tab. 3 com o quantitativo de equipamentos para esse sistema.

Tabela 3. Quantitativo de equipamentos para o Sistema em Hora de Ponta.

DESCRIÇÃO	ANEXO II
PAINÉIS(PVL-124)	87
BATERIAS(12MC220)	30
CONTROLADORES(TRISTAR 60)	1
INVERSORES(PRO SINE 1800I)	6

INTERLIGADO À REDE ELÉTRICA INTERNA À CÂMERA DOS DEPUTADOS

O sistema fotovoltaico converte energia solar diretamente em energia elétrica, proporcionalmente à irradiação solar recebida por ele. Porém, a irradiação solar não é constante durante o dia, pois há momentos que o sol está incidindo com maior ou menor intensidade, fazendo com que a energia gerada pelos painéis não seja constante.

Esse sistema não utiliza baterias, por isso não há armazenamento da energia produzida pelo sistema fotovoltaico. Dessa forma, toda a energia produzida pelos painéis deve ser utilizada instantaneamente. Por não haver armazenamento de energia, deve ser utilizada a outra fonte de energia para suprir a carga quando não houver produção fotovoltaica. Nesse caso será utilizada a energia da concessionária local. Quando a energia produzida pelos painéis não for suficiente para suprir as cargas, a rede da concessionária alimentará as cargas. Por outro lado, quando a produção de energia pelos painéis for superior à demandada pelas cargas as quais ele foi dimensionado para alimentar (iluminação dos corredores), o excedente da produção de energia dos painéis será utilizado em outras cargas do prédio.

Esse sistema possui uma certa liberdade de projeto em relação à quantidade de painéis que serão instalados, pois se houver excesso de geração de energia, o excedente será utilizado para suprir outras cargas dentro da própria instalação e se houver falta de energia fotovoltaica, será utilizada a energia convencional como complemento. Mas de qualquer forma, para garantir o suprimento das cargas de iluminação dos corredores, o dimensionamento será feito com base na média de insolação irradiância horária ocorrida no período entre 01/01/2008 e 31/06/2009. A média de irradiância média foi feita considerando todos os horários que houve irradiação solar. Além disso, será considerada a maior potência das cargas, ou seja, será considerada a potência em que todas as lâmpadas estejam ligadas ao mesmo tempo (QUADROS NORMAL E EMERGÊNCIA).

A Tab. 4 mostra o quantitativo de equipamentos para esse sistema, que foram obtidos de maneira analoga aos outros sistemas.

Tabela 4. Quantitativo de equipamentos para sistema ligado à rede interna.

DESCRIÇÃO	ANEXO II
PAINÉIS(PVL-124)	239
INVERSORES(GCI 1500)	19

SISTEMA INTERLIGADO À REDE INTERNA COM HORÁRIO DE PONTA

Esse sistema é a junção do sistema de horário de ponta com o sistema interligado à rede interna. Ele terá a prioridade de armazenar energia em baterias para suprir a demanda apenas no horário de ponta (3 horas), e o excedente será consumido pelas outras cargas. Esse sistema visa extinguir o consumo de energia convencional no horário de ponta e ainda reduzir o consumo nos outros horários quando houver energia sendo produzida em excesso pelos painéis, com as baterias já carregadas.

A Tab. 5 mostra o quantitativo de equipamentos para esse sistema, que foram obtidos de maneira analoga aos outros sistemas.

Tabela 5. Quantitativo de equipamentos para sistema ligado à rede interna com baterias.

DESCRIÇÃO	ANEXO II
PAINÉIS(PVL-124)	326
BATERIAS(12MC220)	30
CONTROLADORES(TRISTAR 60)	1
INVERSORES(GCI 1500)	26

5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS

Esta sessão trata dos custos de implantação de cada sistema que foi dimensionado anteriormente e o valor pago atualmente à concessionária. Aqui são levados em conta os preços dos equipamentos, o custo de instalação e os gastos com impostos e frete. Alguns componentes do sistema são importados, então além de considerar os impostos e fretes de importação, será levada em conta a taxa de câmbio entre as moedas Real (brasileiro) e o Dólar (Norte americano).

Os valores utilizados para equipamentos que compõem o sistema foram obtidos diretamente em lojas que os comercializam eletronicamente. As cotações dos preços dos equipamentos foram realizadas no mês de junho de 2009. Já a cotação do dólar foi feita considerando a média entre janeiro de 2008 e junho de 2009. Todos os equipamentos, exceto os painéis, foram analisados com preços já no Brasil e com frete incluso. Para os painéis, que foram calculados com valores de importação, tiveram seus valores obtidos segundo Severino (2008). Os valores obtidos por Severino se mostram mais consistentes pois são valores de equipamentos que foram comprados para implementação em 2008. Foi considerado o mesmo preço utilizado na tese de Severino (em dólar), pois foi considerada que possíveis inflações tivessem ocorrido, seria naturalmente compensadas pela tendência de queda dos preços de painéis.

Para todos os equipamentos foram aplicadas taxas de variação do preço, entre 80% e 110% dos valores encontrados. Essa variação foi considerada para as simulações que serão vistas mais adiante. O motivo de se considerar uma faixa de porcentagem maior para valores abaixo de 100% é que os produtos utilizados em sistemas fotovoltaicos seguem tendência de queda de preço devido ao aumento de demanda e aperfeiçoamento das tecnologias. Já a variação para cima (110%) é devido à variação do dólar ou qualquer tipo de crise que possa encarecer o preço dos equipamentos, como por exemplo, escassez de matéria prima. O único equipamento que teve variação diferenciada foi o Inversor Grid Tie (Conectado à rede), que teve variação de 60% a 100%. Isso foi considerado pela grande divergência entre o valor encontrado em lojas brasileiras e valores muito menores encontrados em lojas do exterior. Porém não foram adotados os valores de lojas estrangeiras pela dificuldade de precisar corretamente o preço final do produto, incluindo impostos e frete de acordo com a demanda.

A Tab. 6 apresenta o custos de implantação de todos os sistemas dimensionados anteriormente para o Anexo II e o valor de quilowatt (kW) instalado. A primeira coluna enumera os itens utilizados nos sistema analisado, enquanto a segunda coluna apresenta a descrição do equipamento. A terceira coluna, (VALOR UNITÁRIO (R\$)) foi obtida utilizando os preços de cada equipamento, cotados em Junho de 2009. Os valores das baterias, inversores e controladores de carga foram cotados e considerados os menores valores encontrados. Já os valores dos painéis, com importação e frete foram obtidos segundo Severino (2008). Para a construção dessa coluna, o valor do dólar considerado foi a média mensal ocorrida entre Janeiro de 2008 e Junho de 2009, que foi de 1,95. E por último o valor da instalação foi estimado de acordo com os materiais utilizados, como suporte, cabos e conectores, na instalação dos arranjos.

A quarta coluna, (VALOR TOTAL (R\$)), apresenta o valor total dos equipamentos. Essa coluna foi obtida multiplicando se o valor unitário de cada equipamento pela quantidade necessária de cada um deles.

A quinta e sexta colunas apresentam, respectivamente, os valores máximos e mínimos dos equipamentos, levando em consideração a faixa de variação de preços apresentada anteriormente. A sétima coluna (VALOR TOTAL Utilizado (aleatório)) é o valor escolhido aleatoriamente através da função "ALEATÓRIOENTRE" ("RANDBETWEEN") do EXCEL, entre o mínimo e máximo das colunas anteriores que será utilizado para o cálculo do custo de implantação do sistema.

Para os painéis fotovoltaicos, que são importados, além da faixa de variação de preços, também foi utilizada a variação aleatório do valor do dólar. A variação aleatória do dólar foi limitada pelos valores máximo e mínimo da obtidos no período entre Janeiro de 2008 à Junho de 2009, que são, respectivamente, 2,39 e 1,59.

Na penúltima e última linha de cada sistema na Tab. 6 são apresentados, respectivamente, o valor atual, mínimo, máximo e utilizado de implementação do sistema correspondente e o valor atual, mínimo, máximo e considerado por kW instalado, sendo que esse último valor foi obtido dividindo se o valor de implementação do sistema pela potência instalada dos painéis fotovoltaicos.

Tabela 6. Planilha de custos de implantação dos sistemas fotovoltaicos

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	VALOR TOTAL MÍNIMO(R\$)	VALOR TOTAL MÁXIMO(R\$)	VALOR TOTAL Utilizado (aleatório) (R\$)
SISTEMA ISOLADO						
1	PAINÉIS (124W)	975,0	507.000	407.680	560.560	467.477
2	BATERIAS (220Ah)	1100,0	187.000	149.600	205.700	167.399
3	CONTROLADORES (60A)	1150,0	5.750	4.600	6.325	6.273
4	INVERSORES (1800W)	6790,0	40.740	32.592	44.814	36.457
5	QTA	5000,0	5.000	4.000	5.500	4.620
6	IMPORTAÇÃO/FRETE	195,0	101.400	81.120	111.540	90.395
7	INSTALAÇÃO	30,0	15.600	12.480	17.160	14.953
	TOTAL		862.490	692.072	951.599	830.780
	R\$/kW		13.376	10.733	14.758	12.884
SISTEMA PONTA						
1	PAINÉIS (124W)	975,0	84.825	72.384	99.528	77.735
2	BATERIAS (220Ah)	1100,0	33.000	26.400	36.300	36.137
3	CONTROLADORES (60A)	1150,0	1.150	920	1.265	1.192
4	INVERSORES (1800W)	6790,0	40.740	32.592	44.814	38.577
5	IMPORTAÇÃO/FRETE	195,0	16.965	13.572	18.662	18.591
6	QTA	5000,0	5.000	4.000	5.500	5.114
7	INSTALAÇÃO	30,0	2.610	2.088	2.871	2.785
	Totais		184.290	151.956	208.940	189.902
	R\$/kW		17.083	14.086	19.368	17.603
SISTEMA INTERLIGADO À REDE INTERNA						
1	PAINÉIS (124W)	975,0	233.025	196.936	270.787	258.156
2	INVERSORES (GRID-1500W)	12500,0	237.500	142.500	237.500	208.596
3	IMPORTAÇÃO/FRETE	195,0	46.605	37.284	51.266	47.064
4	INSTALAÇÃO	30,0	7.170	5.736	7.887	6.787
	Totais		524.300	382.456	567.440	403.014
	R\$/kW		17.691	12.905	19.147	13.599
SISTEMA INTERLIGADO À REDE COM HORÁRIO DE PONTA						
1	PAINÉIS (124W)	975,0	317.850	258.192	355.014	271.095
2	BATERIAS (220Ah)	1100,0	33.000	26.400	36.300	32.178
3	CONTROLADORES (60A)	1150,0	1.150	920	1.265	1.087
4	INVERSORES (GRID-1500W)	12500,0	325.000	195.000	325.000	309.293
5	IMPORTAÇÃO/FRETE	195,0	63.570	50.856	69.927	53.271
6	INSTALAÇÃO	30,0	9.780	7.824	10.758	10.489
	TOTAL		750.350	539.192	798.264	704.478
	R\$/kW		18.562	13.338	19.747	17.427

A partir da Tab. 6 foi criado um algoritmo que varia os valores das faixas especificadas, de forma a simular 2000 combinações de valores entre o mínimo e o máximo. Em seguida os valores são ordenados em ordem crescente e utilizados para construção da Fig. 2. O gráfico da Fig. 2 mostra a probabilidade de variação do custo da potência máxima instalada (R\$/kW). Os valores variáveis são o valor do dólar e a faixa de variação dos preços dos equipamentos.

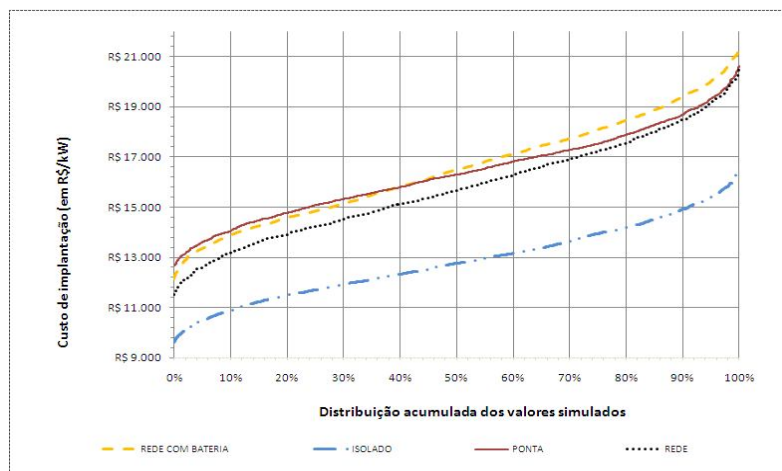


Figura 2 - Custo de implantação dos sistemas fotovoltaicos-Anexo II

Pode ser visto pela Fig. 2 que a curva do sistema isolado está bem abaixo das curvas dos outros sistemas. Essa característica não é usual, visto que os sistemas interligados à rede são conhecidos por serem mais baratos do que os sistemas isolados, devido ao custo das baterias, que é bastante significativo (PVPS Trends). No sistema isolado elas representam entre 20 e 25% do custo total do sistema. Porém, os sistemas interligados à rede, com ou sem bateria, utilizam inversores específicos (Grid-Tie), que são muito mais caros e possuem potência nominal de operação menor (necessita de mais unidades) do que os inversores utilizados nos sistemas isolados.

Os inversores Grid Tie representam entre 41 e 49% do valor total de instalação do sistema interligado à rede.

O Sistema Interligado à Rede com baterias se torna muito caro por utilizar dois equipamentos de alto custo, as baterias e inversores Grid Tie.

O Sistema de Ponta, apesar de ter o mesmo princípio do Sistema Isolado, gera menos energia, mas com a mesma potência de carga. Isso exige que seja utilizada a mesma quantidade de inversores utilizados no sistema isolado, encarecendo o custo (em R\$/kW) de implementação.

Mesmo tendo o menor preço por kW instalado, o sistema isolado é o mais caro de ser implementado, como pode ser visto na Tab. 6.

A avaliação de preço por kW instalado não significa que o sistema com menor preço de implantação, por kW, seja mais vantajoso, pois se trata do preço de implementação e não de energia.

Além do estudo do preço de implementação dos sistemas, foi realizada uma análise do custo de energia e custo anual equivalente (CAE) de implantação líquido para cada sistema e a comparação gráfica entre eles, inclusive considerando a tarifa da energia convencional.

Foi elaborada uma planilha eletrônica, com todos os parâmetros necessários para fazer os cálculos dos custos de energia e do custo anual equivalente. Os parâmetros são:

Potência nominal de carga [kW]: é a potência nominal da carga a ser suprida pelo sistema de energia. Esse valor é comum à todas alternativas.

Funcionamento diário médio [h/dia]: o número de horas que sistema fica ligado. Esse valor varia tanto no sistema convencional (Concessionária) quanto nos sistemas fotovoltaicos. No sistema da Concessionária são utilizados dois valores, 3 horas e 21 horas. Esses valores se referem à quantidade de horas que o sistema fica ligado no horário de ponta e no horário fora de ponta, respectivamente. Já para os sistemas fotovoltaicos que não utilizam bateria, esse valor é a quantidade de horas de irradiação solar plena;

Energia anual média necessária[kWh/ano]: é a energia anual média que a carga consome. Esse valor varia também para os diferentes horários (ponta ou fora de ponta) e da mesma forma para a quantidade de horas irradiação solar;

Potência nominal de geração[kW]: é a potência nominal que o sistema pode gerar. Varia de sistema para sistema de acordo com a quantidade de painéis instalada;

Vida útil do sistema: é a vida útil do sistema em anos;

Taxa de juros[a.a]: é a taxa de juros anual. Essa taxa foi fixada no valor da taxa selic correspondente ao mês de Junho de 2009;

Período de estudo[ano]: é a quantidade em anos que o estudo será feito;

FRC de todo o período de estudo: é o fator de recuperação de capital de todo o período estudado;

Custo de implantação[R\$/kW]: é o custo de implantação por kW instalado. Esse valor varia de sistema para sistema e já foi analisado anteriormente;

Investimento inicial[R\$]: É a quantidade de dinheiro a ser desembolsada para implementar o sistema;

Valor presente residual: é o valor econômico que o sistema terá no fim do período de estudo atualizado para o momento presente. Ver equação em seguida;

Custo de O&M [% do investimento]: é o custo de operação e manutenção do sistema em porcentagem do investimento;

Custo da tarifa CEB [R\$/kWh]: é a tarifa cobrada pela fonte convencional de energia (CEB);

CAE total [R\$/(kW.ano)]: valor que será calculado de acordo com equação explicativa, que representa o custo anual equivalente total do sistema;

Custo da energia [R\$/kWh]: valor que também será calculado com base nos custos e energia produzida;

Custo total do projeto [R\$]: valor que será calculado com base nos custos anteriores. Esse valor também já foi descrito na Tab. 6.

O custo anual equivalente de implantação líquido (CAEIL) foi calculado com base na Eq. 04. (Severino, 2008).

$$CAEIL = \frac{(II - VPR) \times FRC}{Pn} \quad (4)$$

Em que:

II é o investimento inicial [R\$];

VPR é o valor presente residual [R\$];

FRC é o fator de recuperação de capital;

Pn é a potência nominal de geração [kW].

O VPR é calculado com Eq. 05. (Severino, 2008)

$$VPR = II \times \frac{(V_{util} - n)}{V_{util}} \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{-n} \quad (5)$$

Em que:

II é o investimento inicial [R\$];

V_{útil} é a vida útil da solução [anos];

n é o número de anos do período de estudo.

O valor do FRC é calculado da Eq. 06. (Severino, 2008)

$$FRC = \frac{\left(\frac{i}{100}\right)}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n - 1} + i \quad (6)$$

Em que:

i é a taxa de juros anual [% a.a.];

n é o número de anos do período de estudo.

A tabela 7 compara todos os sistemas analisados e também o sistema convencional.

Os custos de O&M (Operação e manutenção), são os custos que o sistema terá ao longo de sua vida útil. Os custos considerados foram a troca das baterias e dos inversores e controladores de carga. Esses valores foram obtidos calculando-se a faixa de porcentagem que cada equipamento possui no sistema total e dividindo essa porcentagem pela duração, quando menor do que 30 anos, de cada equipamento. Daí chegou-se aos valores das faixas percentuais anuais de cada equipamento. O valor de O&M considerado foi o valor aleatório entre máxima e mínima soma de todos os valores percentuais individuais dos equipamentos.

Foram feitas 2000 simulações com os valores de aleatórios do custo da energia, obtidos a partir da Tab. 7 e gerado o gráfico da Fig. 3, que mostra o custo da energia de todos os sistemas estudados.

A Fig. 3 mostra que o custo da energia (R\$/kWh) dos sistemas varia bastante dentro das faixas de variações dadas. O Sistema Isolado e o Sistema Interligado à Rede Interna com Bateria se destacam com valores superiores aos demais sistemas em quase toda a distribuição dos valores simulados. O Sistema Interligado à Rede Interna sem Bateria possui uma variação pequena do custo de energia e os Sistema de Ponta e Sistema Convencional possuem distribuição de custo de energia quase invariável.

Tabela 7. Planilha de comparação entre sistemas fotovoltaicos e convencional

Grandeza	CONVENCIONAL			ISOLADO	PONTA			INTERNA SEM BATERIA				INTERNA COM BATERIA		
	F PONTA	PONTA	TOTAL	ISOLADO	SISTEMA (PONTA)	F PONTA	PONTA	TOTAL	ISOLADO	SISTEMA (PONTA)	F PONTA	PONTA	TOTAL	
Potência nominal de carga (kW)	9,267	9,267	9,267	9,27	9,27	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267
Funcionamento diário médio (h/dia)	21	3	24	24,00	3	21	24	6,55	14,45	3	24	3	6,55	14,45
Energia anual média necessária (kWh/ano)	50.566,51	10.146,71	60.713,22	60.713,22	10.146,71	50.566,51	60.713,22	75.885,42	25.318,90	10.146,71	60.713,22	10.146,71	98.715,05	48.148,54
Fator de capacidade	1,0000	1,0000	1,0000	0,1437	0,8590	1,0000	1,0000	0,3127	1,0000	1,0000	1,0000	0,2292	0,2292	1,0000
Potência nominal de geração (kW)	9,27	9,27	9,27	64,48	10,79	9,27	9,27	29,64	9,27	9,27	29,64	40,42	40,42	9,27
Vida útil do sistema (ano)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Distância da carga à rede elétrica (km)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo de implantação da linha (US\$/km)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perdas na linha (% da energia)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Perdas anuais (kWh/ano)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo da energia perdida (US\$/kWh)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Custo das perdas (US\$/ano)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taxa de juros (a.a.)	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%	9,26%
Período de estudo (ano)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
FRC de todo o período de estudo	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260
Custo de restauração do CPC (US\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo de implantação (R\$/kW)	0,00	0,00	0,00	17.169,00	14.352,00	0,00	14.352,00	14.915,00	0,00	0,00	14.915,00	13.628,00	13.628,00	0,00
Investimento inicial (R\$)	0,00	0,00	0,00	1.107.057,12	154.829,38	0,00	154.829,38	442.020,94	0,00	0,00	442.020,94	550.898,27	550.898,27	0,00
Valor presente residual (R\$)	0,00	0,00	0,00	146.629,75	20.507,16	0,00	20.507,16	58.545,69	0,00	0,00	58.545,69	72.966,49	72.966,49	0,00
CAE de implantação líquido (R\$/kW.ano)	0,00	0,00	0,00	1.876,31	1.568,45	0,00	1.568,45	1.629,98	0,00	0,00	1.629,98	1.489,33	1.489,33	0,00
Custo de O&M (% do investimento)	0%	0%	0%	5%	6%	0%	6%	4%	0%	0%	4%	5%	5%	0%
Custo de O&M (R\$/kW.ano)	0,00	0,00	0,00	90,96	90,86	0,00	90,86	72,13	0,00	0,00	72,13	75,39	75,39	0,00
Custo de O&M (R\$/kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo de O&M (R\$/kW.ano)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo da tarifa CEB (R\$/kWh)	0,183	0,282	0,00	0,00	0,00	0,183	0,00	0,00	0,183	0,282	0,000	0,00	0,00	0,183
Custo da tarifa CEB (R\$/kW.ano)	998,56	308,77	0,00	0,00	0,00	998,56	0,00	0,00	-499,98	308,77	0,00	0,00	0,00	-950,81
CAE de O&M (R\$/kW.ano)	998,56	308,77	0,00	90,96	90,86	998,56	90,86	72,13	-499,98	308,77	72,13	75,39	75,39	-950,81
CAE total (R\$/kW.ano)	998,56	308,77	1.307,33	1.967,27	1.659,31	998,56	2.657,88	1.702,11	-499,98	308,77	1.510,89	1.564,72	1.564,72	-950,81
Custo da energia (R\$/kWh)	0,1830	0,2820	0,1995	2,0893	1,7642	0,1830	0,4057	0,6647	0,1830	0,2820	0,7375	6,2338	0,6408	0,1830
Valor presente de O&M (R\$/kW)	7.927,03	2.451,15	10.378,18	722,11	721,29	7.927,03	8.648,32	572,57	-3.969,10	2.451,15	572,57	598,48	598,48	-7.547,97
Valor presente total dos custos (R\$/kW)	7.927,03	2.451,15	10.378,18	17.891,11	15.073,29	7.927,03	25.355,92	15.487,57	-3.969,10	2.451,15	15.487,57	14.226,48	14.226,48	-7.547,97
Custo total do projeto (R\$)	73.459,76	22.714,84	96.174,60	1.153.618,64	162.610,66	73.459,76	234.973,34	458.989,72	-36.781,67	22.714,84	458.989,72	575.091,18	575.091,18	69.947,08

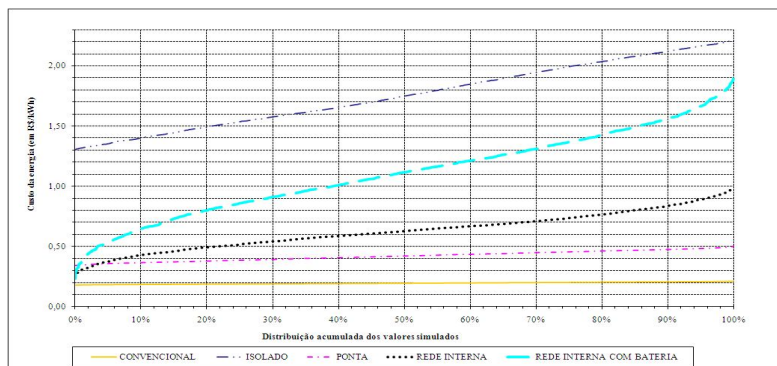


Figura 3 - Comparação do custo da energia para todos os sistemas

6. RETORNO DO INVESTIMENTO

O período simples de retorno (PSR) mede o prazo necessário para recuperar o investimento realizado, resultando da relação entre o investimento inicial em eficiência energética e as economias de energia obtidas a cada ano é pela Eq. 07 (Lisita Jr,2005):

$$PRS = \frac{II}{EA} \quad (7)$$

Em que:

PRS é o período simples de retorno[ano];

II é o investimento inicial [R\$];

EA é a economia por ano [R\$].

Esse cálculo é de fácil utilização, mas não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o custo de capital. Por isso utiliza-se uma outra figura de mérito econômico que é o período de retorno descontado (PRD), que considera o valor do custo de capital, que é a taxa de desconto e o tempo de vida do investimento realizado. Assim, calcula-se o período de tempo em que o investimento será recuperado, utilizando-se a equação (Lisita Jr,2005):

$$PRD = n \times FRC(d, n) \times PRS = II(em.anos) \quad (8)$$

Em que:

n é a vida útil do sistema;

FRC é o fator de recuperação do capital;

PRS é o período de retorno simples.

O tempo de retorno de investimento de cada um dos sistemas é mostrado na Tab. 8.

Tabela 8. Tempo de retorno do investimento para todos os sistemas.

ANEXO II	II(R\$)	IImin(R\$)	EA(R\$)	N	FRC	PRS	PRS min	PRD	PRD min	% VP	II necessario (R\$)
ISOLADO	862	680	10.875	15	0.126	79.3	62.5	149.8	118.1	10%	86.249
PONTA	184	149	2.651	15	0.126	69.5	56.2	131.3	106.2	11%	202.71.9
REDE	524	392	12.240	15	0.126	42.8	32.0	80.9	60.5	18%	94.374
REDE + PONTA	750	556	13.248	15	0.126	56.6	41.9	107.0	79.3	14%	105.049

A coluna II contém os valores de implantação considerando os valores atuais. Para esses valores é obtida o prazo de retorno simples e o prazo de retorno descontado. Nota-se que todos os sistemas possuem tempo de retorno descontado, que leva em conta o valor do dinheiro no tempo, são muito superiores à vida útil do sistema. A coluna II possui o investimento inicial considerando os valores mais baixos dentro da faixa de variação proposta anteriormente. O tempo de retorno correspondente a esses valores estão na coluna PRD min. Nota-se que mesmo com o valor mínimo de implantação, o tempo de retorno é de 4 vezes a vida útil do sistema no melhor sistema, que é o sistema isolado.

A coluna %VP, indica a porcentagem do valor atual de investimento que deveria ser feito para que o tempo de retorno fosse de 15 anos. Para o melhor caso, que é o sistema interligado à rede, o preço dos equipamentos deveriam ser 5 vezes menor.

7. CONCLUSÕES

Como já foi mencionado, os sistemas fotovoltaicos vem se tornando cada vez mais atrativos, principalmente em regiões isoladas, devido à sua facilidade de implantação, à queda dos custos de implantação, melhores formas de se aproveitar a energia produzida pelos arranjos fotovoltaicos e principalmente pelo empenho de todos que contribuem para a utilização dessa tecnologia.

Como foi apresentado, os custos de implantação dos sistemas fotovoltaicos ainda são altos, principalmente quando se utiliza baterias, necessárias para o armazenamento de energia. Porém, esses sistemas possuem baixos custos de manutenção e isso vem tornando essa tecnologia uma boa alternativa para locais que não possuem acesso à rede convencional de energia.

Em relação à área necessária para instalação dos painéis, o sistema isolado, que é o sistema que necessita de maior área, necessita de 484m². Essa necessidade é bem inferior à área disponível, que é de 6.282m². Isso demonstra que a área para instalação dos painéis não é obstáculo.

Com os resultados obtidos, percebe-se que o sistema isolado, mesmo tendo o menor preço por kW instalado, necessita de grande investimento inicial e possui custo de energia elevado, da ordem de 10 vezes o custo da energia convencional. Além disso, ele utiliza muitas baterias, que necessitam ser substituídas periodicamente.

O sistema de ponta, mesmo utilizando baterias, se torna mais atrativo, pois tem um custo de implantação mais baixo. O valor da energia é de aproximadamente duas vezes o da energia da concessionária.

O sistema interligado à rede interna com baterias é o que se mostrou mais competitivo, quando analisado o custo de energia, sendo que a energia produzida por ele chega a ser mais barata do que o sistema convencional em alguns momentos da distribuição acumulada das simulações, por economizar energia nos momentos mais caros. O inconveniente desse

sistema para o local em que se deseja implementar o sistema é o uso das baterias, pois o armazenamento de energia não é fundamental para esse caso.

Finalmente o sistema interligado à rede interna parece ser o mais vantajoso para o trabalho em questão, pois possui custo de energia praticamente igual ao custo da energia do sistema convencional, também menor em alguns momentos da distribuição acumulada de simulações e não utiliza baterias. O inconveniente desse sistema é que não reduz, ou reduz muito pouco, dependendo da época do ano, o consumo no horário de ponta, devido à irradiação solar ser muito baixa nesse horário.

Com base na análise no tempo de retorno de investimento, nenhum dos sistemas seria viável, pois todos os sistemas tem tempo de retorno de investimento maior do que a vida útil dos sistemas.

O melhor sistema é o sistema interligado à rede interna, pois possui o menor tempo de retorno, que é de 60,52 anos.

O sistema interligado à rede interna, além de possuir menor tempo de retorno, também conta com a não poluição através das baterias, que são descartadas a cada cinco anos, por isso é o sistema menos agressivo ao meio ambiente.

Mesmo não sendo vantajoso economicamente, os sistemas fotovoltaicos proporcionam ganhos ambientais, pois não devastam áreas naturais para produção de energia e não emite gases poluentes. Os estudos dos sistemas de produção de energia elétrica através de diferentes fontes de energia renováveis demonstra o interesse de preservação ambiental e faz com que o preço dos equipamentos desses sistemas continuem diminuindo. Além disso podemos perceber a necessidade de alterar a matriz energética nacional e também mundial.

No momento da implantação do sistema fotovoltaica sugere se realizar novas buscas de equipamentos, pois equipamentos mais potentes e mais baratos são colocados no mercado constantemente. Com a redução dos preços dos equipamentos e o aumento do preço da energia convencional, o tempo de retorno do investimento é cada vez menor.

Vale ressaltar que o estudo foi realizado em um local que já possui total infraestrutura para suprimento de energia através da concessionária e por isso não seria necessário gastos com linhas de transmissão e de distribuição. Em outros casos, esse estudo poderia trazer resultados com mais viabilidade.

8. REFERÊNCIAS

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), 1999. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPTEL, Rio de Janeiro.

_____, 2005. Energia Solar: Princípios e Aplicações. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 1 set 2009.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2009. Consulta de Dados da Estação Automática de Brasília, DF. Disponível em : <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 1 set 2009.

International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme (IEA–PVPS), 2008. Annual Report 2008. Disponível em: <www.iea-pvps.org>. Acesso em: 1 set 2009.

Lisita Jr, O., 2005. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede : Estudo de caso – 3kWp instalados no estacionamento do IEE-USP, Dissertação de Mestrado, IEE - POLI - FEA - IF, USP, São Paulo.

Lorenzo, E. et al, 1994. Electricidad solar: ingeniería de los sistemas fotovoltaicos, PROGENSA, Sevilla, Espana.

Rodrigues, F. F. C, 2006. Programação da contratação de energia considerando geração distribuída no novo modelo do setor elétrico brasileiro, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro.

Severino, M. M., 2008. Avaliação Técnico-Econômica de um Sistema Híbrido de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas da Amazônia, Tese de Doutorado, ENE, UnB, Brasília.

COST OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONSIDERING UNCERTAINTY: A CASE STUDY FOR THE CHAMBER OF DEPUTIES

Abstract. *This document presents a case study conducted to evaluate the technical and economic feasibility of installing photovoltaic systems for the building of Anexo II of the Câmara dos Deputados, em Brasília. The study aims to examine, besides the prices of equipment used in photovoltaic arrays quoted at the time of production of the article (July 2009), uncertainties of the market that directly or indirectly influence the cost of photovoltaic power generation and the cost consequentimamente energy generated by these systems.*

Key words: *Cost analysis, Renewable source, Solar Energy, uncertainties.*