

COMPORTAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAÍCO COM BATERIAS APÓS TRÊS ANOS DE USO

Rafael Lira Gomes – rafael.lgomes@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Eletrônica e Sistemas

Heitor Scalabrini Costa – hscosta@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência.

Resumo. No final de 2004, foi instalado um sistema geração fotovoltaico com banco de baterias na Escola do Legislativo, anexo V da Assembléia Legislativa de Pernambuco (ALEPE). Inicialmente a energia gerada buscava atender às necessidades de iluminação, funcionamento de televisores, vídeos cassetes, aparelhos de DVD's e microcomputadores nas suas quatro salas de aula, continuando as demais dependências da Escola sendo abastecidas pela rede elétrica convencional. A realização desse projeto foi possível graças ao convênio celebrado entre a ALEPE e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) através da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UFPE (FADE-UFPE), e contou com a participação da ONG Centro de Estudos e Projetos Naper Solar (responsável pela realização do projeto técnico e de intervenção arquitetônica, seleção e compra de equipamentos, instalações, capacitação de eletricitistas para manutenção e operação dos equipamentos e dos funcionários da Escola). Após a instalação, o sistema passou a ser monitorado para a correção de possíveis falhas. Através de um sistema de monitoramento e aquisição de dados, instalado junto ao sistema fotovoltaico, são obtidos e armazenados, em um microcomputador, vários dados importantes para o total acompanhamento do funcionamento obtendo-se informações como energias geradas, energias consumidas e irradiancias incidentes. O trabalho irá fazer uma descrição dos componentes básicos do sistema fotovoltaico instalado, analisar o seu desempenho, relatar as experiências, problemas observados e soluções buscadas, ao longo dos três primeiros anos de operação.

Palavras-chave: Energia Solar, Conversão Fotovoltaica, Baterias, Sistema de Monitoramento e Energia Renovável.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho irá descrever o sistema fotovoltaico de geração de energia, instalado no anexo V da Assembléia Legislativa de Pernambuco, Escola do Legislativo, apresentar uma análise de seu funcionamento, das experiências obtidas e dos problemas e soluções encontradas, ao longo destes três anos de funcionamento.

A instalação do sistema teve como objetivos: atender as necessidades de energia elétrica demandadas por algumas lâmpadas e equipamentos eletrônicos da Escola, ser um modelo didático para difundir e incentivar o uso de fontes renováveis, mostrar aos usuários a necessidade de racionalização do uso da energia elétrica e ser um elemento de estudos do comportamento de um sistema de geração elétrica fotovoltaica, no meio urbano, com banco de baterias.

Para a instalação do sistema, foram posicionados na cobertura da Escola, com uma inclinação de 20°, voltando-se para a fachada Norte, os painéis fotovoltaicos, e construídas duas caixas em alvenaria, uma para abrigar o banco de baterias e a outra para o sistema de controle, unidas por um pilar (ver figura 1).

Atualmente o sistema encontra-se funcionando, mas com descarga precoce devida o tempo de vida das baterias.



Figura 1: Vista externa da Escola do Legislativo com os módulos fotovoltaicos, equipamentos e as caixas de alvenaria.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO E DE MONITORAMENTO

O sistema fotovoltaico de geração elétrica foi projetado para trabalhar com baterias e para ser um sistema híbrido, atuando paralelamente ao sistema convencional de energia fornecida pela Companhia Elétrica de Pernambuco (CELPE), possibilitando a utilização da mesma no caso de falha no sistema fotovoltaico ou quando for necessário efetuar manutenções no sistema solar. A seleção da fonte de abastecimento (CELPE/SOLAR) é feita manualmente, de maneira simplificada, através de uma chave seletora.

A instalação é composta, basicamente, pelos seguintes equipamentos: conjunto de módulos fotovoltaicos de geração de energia, banco de baterias, controlador de carga, inversor e equipamentos utilizados para monitoramento e mensuração dos dados.

Como os equipamentos eletro-eletrônicos utilizados na escola são para 220 V em 60 Hz foi necessária à utilização de um inversor de energia que produzisse uma onda senoidal satisfatória.

Para que seja possível alimentarem-se eletricamente as salas em horários em que a incidência solar seja insatisfatória para a geração elétrica, utiliza-se um banco de baterias, que armazena a energia não consumida no momento de sua produção.

É utilizado um controlador de carga e descarga para que as baterias trabalhem em seu estado ideal, evitando sobrecarga e a subcarga e protegendo o banco de baterias.

O sistema de geração fotovoltaica possui atuadores eletromecânicos que, em caso de sobrecarga, atuam desabilitando-o, preservando a integridade física dos equipamentos.

Existe um sistema de aquisição de dados, para o acompanhamento e supervisão do funcionamento do sistema fotovoltaico, com sensores interligados a um microcomputador, que executa o software LSF/SOLARES, desenvolvido pelo Grupo de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia.

2.1 Características da instalação

São utilizados 12 módulos fotovoltaicos de 160 Wp/cada, formando uma área de 19 m² de painéis, que totalizam uma potência de geração de 1920 Wp, um banco de baterias de 2.400 Ah, um controlador de carga com 48 VCC e 7 A e um inversor com entrada de 48 VCC e saída de 220 VCA e frequência de 60 Hz.

Os principais equipamentos complementares ao sistema estão visíveis aos visitantes, localizados em duas caixas de alvenaria, com portas transparentes de vidro, na entrada da escola.

2.2 Componentes do sistema fotovoltaico

Os principais componentes do sistema de geração fotovoltaico são: 12 módulos fotovoltaicos SQ 160-C (Shell Solar); 1 Inversor CC/CA BC 2548 (Tauro); 1 Controlador de carga PL 40/7 (Phocos); 16 baterias chumbo/ácida 150Ah / 12V (Moura); Sensores, transdutores, interfaces e sistema de aquisição de dados;

2.2.1 Módulos fotovoltaicos

A geração fotovoltaica é realizada por 12 módulos, de 160 Wp cada, modelo SQ 160-C (Shell Solar). Os módulos captam a energia solar e a transforma em energia elétrica de corrente contínua (CC), estando interligados em série dois a dois e em paralelos entre si, para formarem um total de três conjuntos de módulos. Com isso, obtêm-se uma tensão gerada final de 70 Vp e uma corrente gerada de 36,6 A. Na figura 2 vemos foto de um módulo utilizado e do arranjo de interligação dos módulos e na Tabela 1 as características deste equipamento.

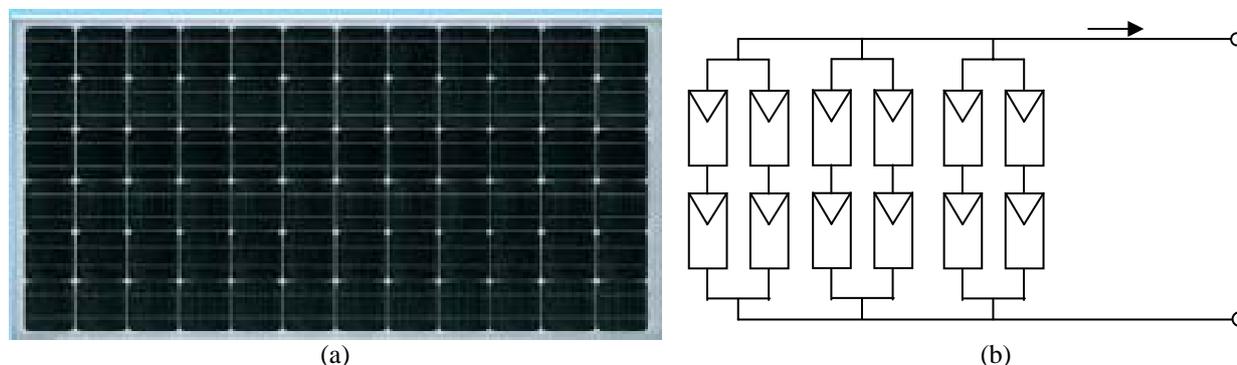


Figura 2: (a) Módulo solar Shell SQ 160-C e (b) Esquema de elétrico de ligação dos módulos solares.

Tabela 1: Características dos módulos fotovoltaicos.

Modelo	Shell SQ 160-C
Potência Nominal (W)	160
Tensão Nominal (V)	35
Corrente Nominal (A)	4,58
Tensão em Aberto (V)	43,5
Corrente em Curto (A)	4,9
Dimensões (mm ²) e Peso (Kg)	1622 x 814 e 17,2

2.2.2 Banco de baterias

Para que se pudesse armazenar a energia gerada excedente e possibilitar o uso racional da energia nos períodos menos favorecidos pela radiação solar, foram escolhidas baterias eletroquímicas. Esta escolha se deu por serem baterias excelentes fontes de eletricidade, com uma tecnologia mais conhecida, de maior simplicidade de instalação, segurança e de menor custo, comparando-se as outras tecnologias de armazenamento.

No banco de baterias foram utilizadas dezesseis baterias de 150 Ah/cada, modelo Moura - MP150BD, com grupos de quatro foram ligados em séries e, estes interligados em paralelo. O banco é alimentado com corrente contínua proveniente do sistema de geração fotovoltaico e pode ser visto na figura 3 e suas características técnicas na tabela 2.



Figura 3: Banco de baterias.

Tabela 2: Características das baterias instaladas.

Modelo	Moura - MP150BD
Energia (Ah)	150
Reserva (minutos)	316
Dimensão (mm)	512 x 211 x 235
Pólos Terminais	Cônico
Peso (kg)	39,67

2.2.3 O inversor

Como os equipamentos e lâmpadas utilizados pela Escola são para 220 V em 60Hz, foi necessário a utilização de um inversor, comumente chamado de conversor CC/CA, com a função de converter a energia elétrica em corrente contínua (CC), fornecida pelo banco de baterias, para corrente alternada (CA).

Foi escolhido um inversor da Tauro por ser robusto, de qualidade, dispor de um sistema de controle que permite funcionamento completamente automatizado e ter forma de onda de saída senoidal puro. A foto do equipamento pode ser vista na figura 4 e as características técnicas do equipamento na tabela 3.



Figura 4: Inversor CC/CA, modelo BC 2548.

Tabela 3: Características do inversor.

Modelo	Inversor CC/CA, modelo Tauro - BC 2548
Dimensão (mm)	220 x 95 x 170
Peso (kg)	1,4
Potência Nominal a 20° C (VA)	2500
Tensão de Entrada (VCC)	40-64
Desconexão automática por baixa tensão (Vcc)	43,8-46,4
Potência de pico de arranque	+300%
Intensidade máxima de pico de arranque em CC (A)	180
Forma de onda	Senoidal Pura
Tensão nominal de saída (V)	220
Faixa de tensão de saída	+ - 7%
Frequência nominal de saída	60 Hz
Faixa de frequência de saída	+ - 0,5%
Distorção harmônica média	< 4%
Rendimento máximo	93%
Potência em regime constante (VA)	1.100
Sensibilidade para arranque automático (W)	9
Consumo no vazio com tensão nominal gerando (A)	0,30
Consumo médio no automático (mA)	38
Consumo mínimo no automático (mA)	25
Sistema de isolamento	Transformador toroidal seguindo norma VDE-0550

2.2.4 Controlador de carga

Os controladores de cargas são utilizados nos sistemas fotovoltaicos que utilizam baterias, tendo como principais objetivos: facilitar a máxima transferência de energia do arranjo fotovoltaico para a bateria ou banco de baterias e protegê-las contra cargas e descargas excessivas, aumentando, conseqüentemente, a sua vida útil, que é aumentada quando se mantêm cargas acima de 20% do seu total. Caso a bateria seja descarregada a um nível muito baixo podem ocorrer processos químicos que danificam seriamente a mesma.

A fotografia do controlador utilizado na instalação pode ser vista na figura 5 e as principais características na tabela 4.



Figura 5: Controlador de carga, modelo PL 40 – Fabricante Phocos.

Tabela 4: Características do controlador de carga.

Modelo	Controlador de Carga Phocos - PL 40
Tensões Nominais (V)	12V, 24V, 32V, 36V e 48 V
Corrente de carga máxima (A)	40
Máximo número de dias de armazenamento na memória cíclica (dias)	20
Temperatura Ambiente (° C)	-15°C ~ +50°C
Dimensão (mm)	130 x 124 x 50
Peso (kg)	0,515

2.2.5 Sistema de monitoramento e aquisição de dados

Para que fosse possível obter-se, continuamente, os dados de operação do sistema fotovoltaico instalado, aperfeiçoá-lo e ser um modelo de estudo em áreas urbanas no estado de Pernambuco, foi instalado um sistema de monitoração.

Este sistema é composto por um conjunto de sensores, transdutores, registradores, um microcomputador (alimentado pela rede CELPE convencional e com um no-break para evitar perdas de dados) e o sistema de aquisição de dados (LSF/SOLARES), permitindo registrar os principais parâmetros necessários para avaliar a qualidade de operação e ter-se um melhor entendimento do desempenho e comportamento do sistema fotovoltaico instalado.

Os dados adquiridos são utilizados para avaliar o desempenho do arranjo fotovoltaico, bem como do sistema de armazenamento (baterias) e podem ser aproveitados para conhecer as características usadas neste período, além de contribuir para aperfeiçoar o planejamento dos próximos sistemas.

O sistema de aquisição de dados (LSF/SOLARES) basicamente mede cinco parâmetros: irradiância solar, tensão gerada pelos painéis solares, tensão consumida pelas cargas, corrente gerada pelos painéis solares e corrente consumida pelas cargas. Por conseguinte, o sistema de aquisição de dados contribui para o balanço de energia do sistema, medindo a energia solar que incide nos módulos fotovoltaicos, a potência elétrica fornecida pelos módulos e a energia elétrica consumida pelas cargas.

O sistema de aquisição de dados mede os valores de 1 em 1 segundo e calcula um valor médio pelo intervalo de monitoração (atualmente de 10 minutos). Estes valores são armazenados na memória cíclica do controlador de cargas para depois serem exportados, por meio de uma porta serial, para o microcomputador.

Em seguida, os dados são armazenados em um banco de dados no Microsoft Access e posteriormente trabalhados e processados em formas de curvas para uma melhor avaliação do funcionamento do sistema como um todo.

Os principais equipamentos usados no sistema de monitoramento e aquisição de dados serão detalhados a seguir.

2.2.5.1 Célula Calibrada

Consiste de um pequeno módulo fotovoltaico que, sob situações controladas de irradiância, teve sua potência elétrica gerada aferida em laboratório.

A célula calibrada foi instalada ao lado dos módulos geradores e permite obter as medidas de irradiâncias solares ao longo do dia. Tais informações permitem diagnosticar possíveis problemas nos módulos (posicionamento, ângulo com a horizontal ou problemas físicos) e obter a energia solar incidente no local.

2.2.5.2 Sensores

O controlador de carga instalado tem, como uma de suas funções, medir as tensões (V_{cc}) e correntes (I_{cc}) geradas. De acordo com o arranjo montado dos módulos fotovoltaico, a tensão gerada é de aproximadamente 70 V e a corrente gerada de 36 A. Para a medição destas grandezas, é utilizado um divisor de tensão para abaixar a tensão para níveis aceitáveis pelo controlador de carga e um shunt de 150 mA, para abaixar a corrente. Já no caso da corrente e tensão de consumo, ambos do tipo alternada, foram utilizados transdutores de tensão e de corrente. Após a saída do inversor, utilizou-se um transformador de corrente (TC) para abaixar a corrente para 5 A, e possibilitar a medição da corrente por este. O controlador de cargas realiza todas essas medições e a transfere para um computador, onde essas informações são armazenadas em um banco de dados.

A figura 6 mostra a fotografia do sistema de aquisição de dados.



Figura 6: Quadro do sistema de aquisição de dados.

2.2.5.3 Software

É utilizado no sistema de aquisição de dados o programa de computador “Sistema de Aquisição de Dados para SFD”, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (USP). O software realiza medições, através da porta serial do microcomputador, da Corrente e Tensão Gerada (I_{pv} e V_{pv}), da Corrente e Tensão Consumida (I_{inv} e V_{inv}) e da irradiância Solar na célula calibrada (R_d). As medições são feitas segundo a segundo, sendo que, a cada dez minutos, uma média é realizada e o valor é gravado em um banco de dados. Sua tela de interface pode ser vista na figura 7 e mostra, a cada um segundo, as medidas realizadas pelo sistema.

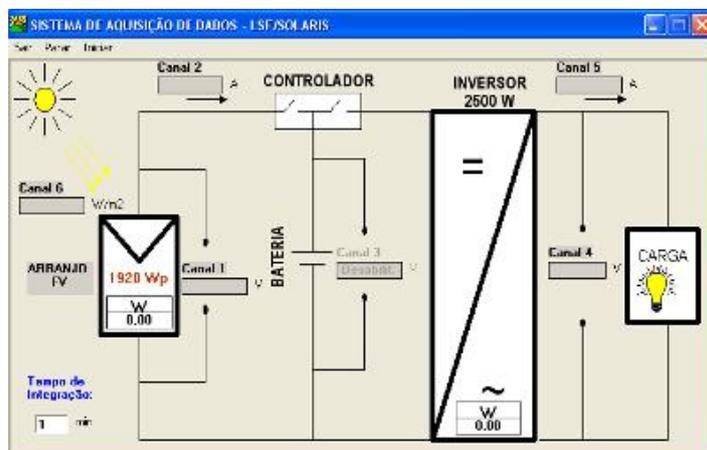


Figura 7: Tela de interface com o usuário do software LSF/SOLARIS.

3. COMPORTAMENTOS E RESULTADOS OBTIDOS PELO SISTEMA

A instalação está em funcionamento à aproximadamente três anos e meio. Através do sistema de monitoramento e das informações obtidas junto aos funcionários da Escola, foi possível observar várias situações e alguns problemas, tanto no que se refere ao planejamento inicial, como em relação à interação do sistema com os seus usuários.

A partir das fontes de dados utilizadas está sendo possível identificar e diagnosticar os problemas e gerar as melhores soluções.

3.1 Planejamento inicial

A idealização do projeto de instalação do sistema de geração fotovoltaica na Escola do Legislativo buscou, além de uma função utilitária de geração, um caráter científico e acadêmico, objetivando mostrar a viabilidade técnica e a necessidade de lei de incentivo as fontes renováveis para torná-las competitivas.

A potência nominal do sistema de geração destinava-se a alimentar o consumo mensurável das cargas instaladas em quatro salas de aula da Escola do Legislativo.

No projeto inicial foram previstas as lâmpadas (quantidade e potência), os modelos de equipamentos que seriam utilizados e tempo médio de utilização das salas de aula e dos equipamentos. Os aparelhos eletro-eletrônicos previstos foram: lâmpadas, televisores, videocassetes, microcomputadores, aparelho de DVD's e aparelhos de som.

O sistema fotovoltaico foi instalado de forma paralela ao sistema tradicional da CELPE, permitindo selecionar, manualmente, através de botões, qual sistema irá abastecer as salas de aula.

3.2 Problemas iniciais e soluções

Após a conclusão da instalação do sistema e do fim da reforma da Escola do Legislativo encontraram-se diferenças entre as cargas previstas (dimensionadas no início do projeto) e as cargas resultantes e no número de lâmpadas reais e previstas inicialmente.

Com o intuito de diagnosticar e solucionar o problema da sobrecarga foi montado um arranjo experimental para avaliar a potência de consumo do conjunto reator + lâmpada fluorescente, já que a potência de iluminação teórica foi obtida apenas observando as informações do fabricante da lâmpada.

Foram feitas medidas de tensão e corrente em cinco reatores: três convencionais, um eletrônico e um de partida rápida. Os instrumentos utilizados para efetuar, simultaneamente, estas medidas foram dois multímetros digitais de modelos MINIPA ET-2700, para medir a corrente de consumo, e ELENCO M-2670, para a tensão. Os resultados encontrados estão na tabela 5, encontrando-se na primeira linha o resultado do teste no reator retirado da Escola.

Tabela 5: Teste comparativo de reatores para lâmpadas fluorescentes.

Marca e modelo	Tensão Média	Corrente Média	Potência Média
Helfont - CS426 PH - convencional	215,5 V	0,405 A	87,38 W
Intral - 00707 – convencional	215,75 V	0,405 A	87,49 W
Philips – convencional	216,25 V	0,434 A	93,91 W
Begli – eletrônico	218,75 V	0,245 A	53,65 W
Helfont – PRS 3226 - Partida rápida	212,5 V	0,206 A	44,88W

Diante da elevada potência dos reatores utilizados na escola, foi feito, também, um teste com um banco de capacitores para a diminuição da potência reativa consumida pelos reatores, porém, esse procedimento mostrou-se inadequado para o propósito requerido e foi descartado.

Para que pudessem ser solucionados os problemas de sobrecarga, já que estes geravam descarregamentos prematuros do banco de baterias e, conseqüente, falha no abastecimento do sistema fotovoltaico, foram tomadas as seguintes iniciativas: substituições dos reatores existentes por modelos mais econômicos e diminuição no número de salas atendidas. Atualmente apenas três salas de aula estão sendo atendidas pelo sistema, duas de maneira efetiva com luzes e equipamentos eletrônicos e uma apenas com a iluminação.

Outro problema encontrado referiu-se a alimentação do microcomputador utilizado na aquisição e armazenamentos dos dados do sistema. Foi decidido que o mesmo seria ligado na rede tradicional da CELPE, tanto para diminuir o consumo na rede fotovoltaica, como para possibilitar o monitoramento da geração, caso as salas estivessem sendo abastecidas pela CELPE. Devido às quedas na alimentação da CELPE o microcomputador era desligado e deixava de armazenar os dados. Para a correção foi utilizado um pequeno no-break, para manter a alimentação elétrica do microcomputador durante certo período.

3.3 Obtenção das potências e energias

Após a obtenção dos dados, arquivados pelo software em um banco de dados no Microsoft Access, estes são transferidos para o Microsoft Excel. Para efeito de estudo, considera-se apenas as medições realizadas das 05h às 18h, sendo um total de 79 medições ao longo de um dia.

Os dados são compostos pelas seguintes informações: data e hora das medições, tensão e corrente geradas, tensão e corrente consumidas e irradiância. E como base nestes, são calculadas as potências geradas (multiplicando-se as tensões e correntes geradas) e as potências consumidas (a partir das tensões pelas correntes consumidas) em cada instante armazenado. E, através da função de máximos, obtidos os valores diários de irradiância, potência gerada e consumida máximas.

Com base nas 79 medições, são traçados gráficos diários, tipo linha, com as seguintes curvas: Irradiância X tempo, Potência gerada X tempo e Potência consumida X tempo. Para uma melhor visualização no gráfico, são mostrados apenas os intervalos de meia em meia hora. Os modelos destes gráficos, de dias típicos, estão representados na figura 8.

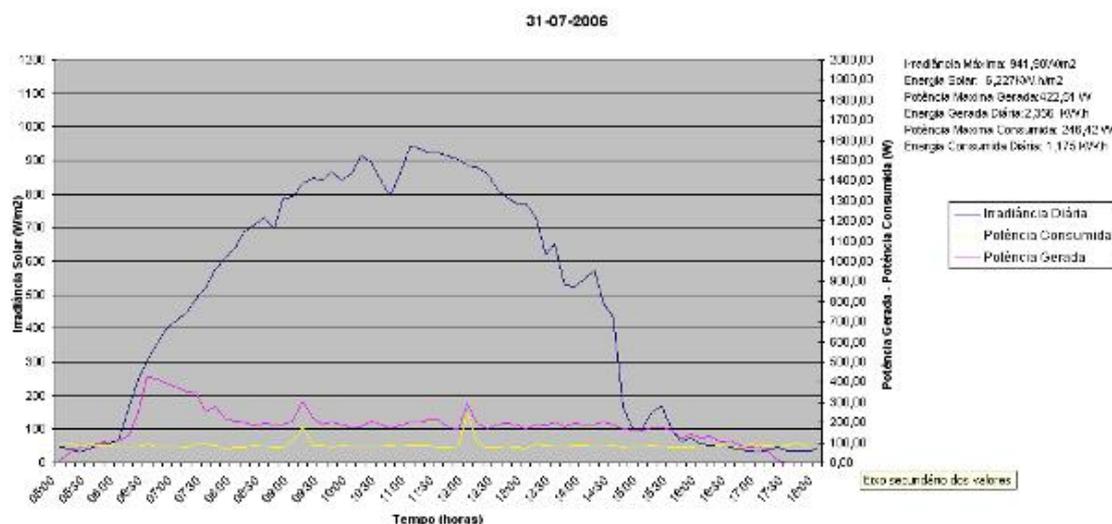


Figura 8: Curvas irradiância solar, potência gerada e potência consumida X tempo.

No gráfico da figura 8 podemos observar um dia típico onde a potência gerada é maior que a consumida, mas proporcional. Podemos observar que entre 6h e às 8h há uma elevação na potência gerada e logo em seguida uma queda. O que ocorre é que após a geração neste horário as baterias devem ter alcançado um nível satisfatório de carga e o controlador de carga passa a desprezar parte da energia gerada, como maneira de proteger o banco de baterias de sobrecarga. É visto, por exemplo, que quando há um leve pico no consumo entre às 9h e 9:30, também há uma elevação da geração, acompanhando o consumo.

Em seguida, os dados da planilha são transferidos para o programa Origin, no qual são calculadas as energias solares diárias, as energias geradas diárias e as energias consumidas diariamente. As energias são calculadas como sendo a integral, em função do tempo, das potências:

$$E(t) = \int_{t_i}^{t_f} p(t).dt$$

O método utilizado pelo programa para o cálculo da integração consiste em uma divisão da curva em 79 partes e em seguida é feito o cálculo da área das respectivas divisões, por aproximação de um paralelogramo. O resultado final da integral é a soma de todas essas áreas.

Os dados das energias diárias, depois de obtidos no Origin, são armazenados em uma nova planilha do Microsoft Excel. A partir destes obtêm-se médias e totais mensais e anuais, sendo, seguidamente, traçados novos gráficos: energias solares X tempo, energias geradas X tempo e energias consumidas X tempo.

O gráfico da figura 9 apresenta a curva de energia solar média mensal de dezembro de 2004 a dezembro 2005 e nele pode-se observar o comportamento da irradiância solar no período.

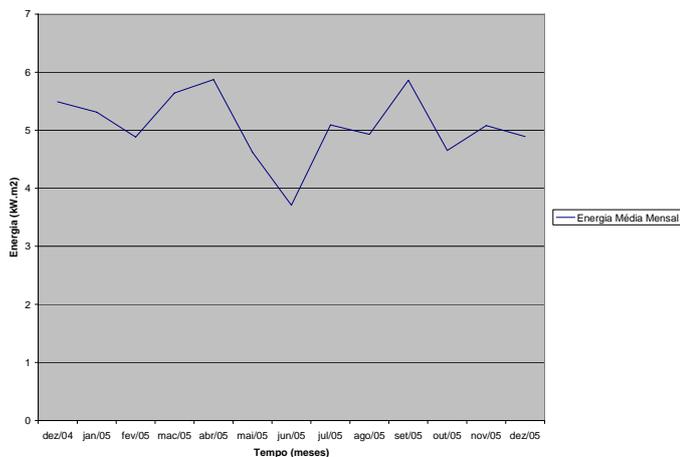


Figura 9: Curva energia mensal média ao longo do ano.

3.3 Dados comparativos e de funcionamento de 2004 a 2006

Os dados que aqui serão apresentados são desde o início do funcionamento (dez/04) até o final de 2006 (dez/06), já que os dados de 2007 estão sendo trabalhados e compilados. Até agosto de 2005 trabalhávamos apenas os dados de irradiância solar.

O gráfico abaixo, energia solar (kWh/m²) x tempo (mês), na figura 10, observa-se o comportamento de irradiação solar incidente no anexo V da Assembléia Legislativa de Pernambuco. Observamos que em dezembro a maior irradiação foi no ano de 2004 (ponto azul). Já durante o ano, temos, em média, um predomínio na energia gerada de 2006 (amarelo) em relação a 2005 (roxo).

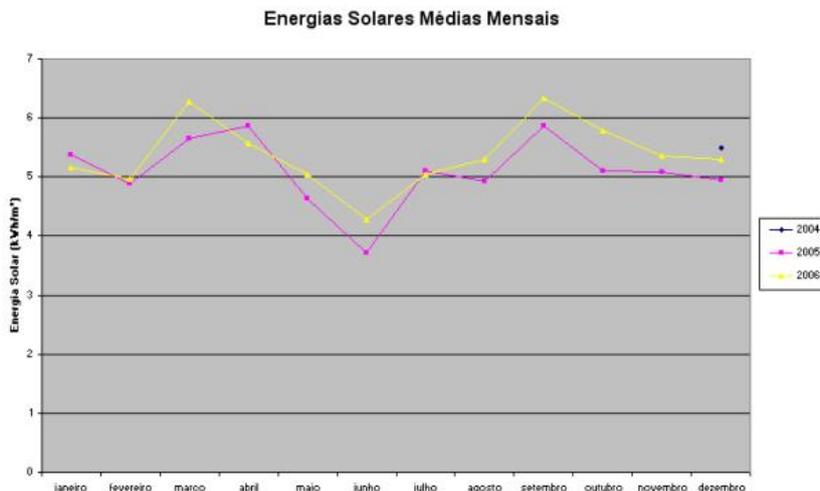


Figura 10: Energias solares médias de dez/2004 a dez/2006

Na figura 11 e 12, abaixo, temos um comparativo, do ano de 2005 e 2006, das energias mensais médias geradas e consumidas, respectivamente, no período de setembro/2005 a dezembro/2006.

Observados os gráficos das figuras 11 e 12, é visto que se tem uma maior geração e consumo em 2006. Como já foi mencionado anteriormente, após alcançar um nível elevado de carga, próximo a sua totalidade, o controlador de carga passa a não enviar carga para as baterias a fim de evitar sobrecargas.

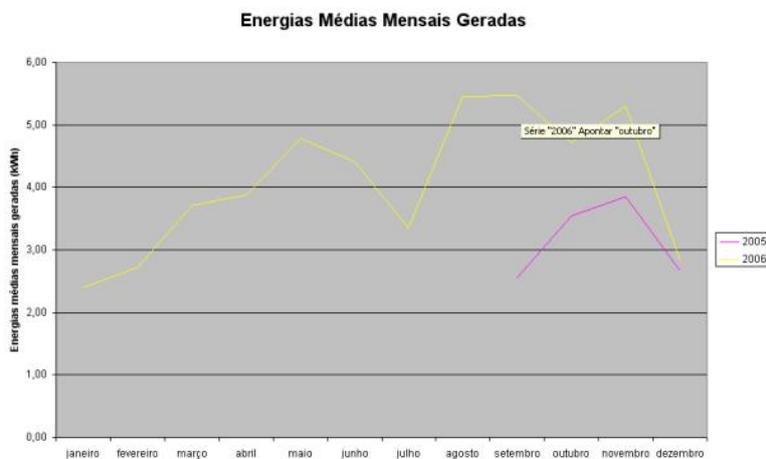


Figura 11: Comparativo das energias médias mensais geradas

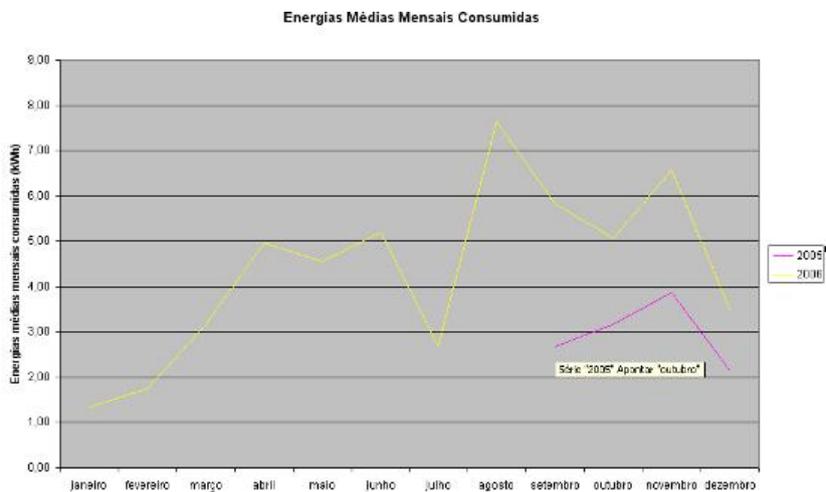


Figura 12: Comparativo das energias médias mensais consumidas

Abaixo, na figura 13, é apresentado um comparativo das energias geradas e consumidas em 2005, onde se observa que, na maior parte do tempo, a geração foi suficiente para suprir o consumo.

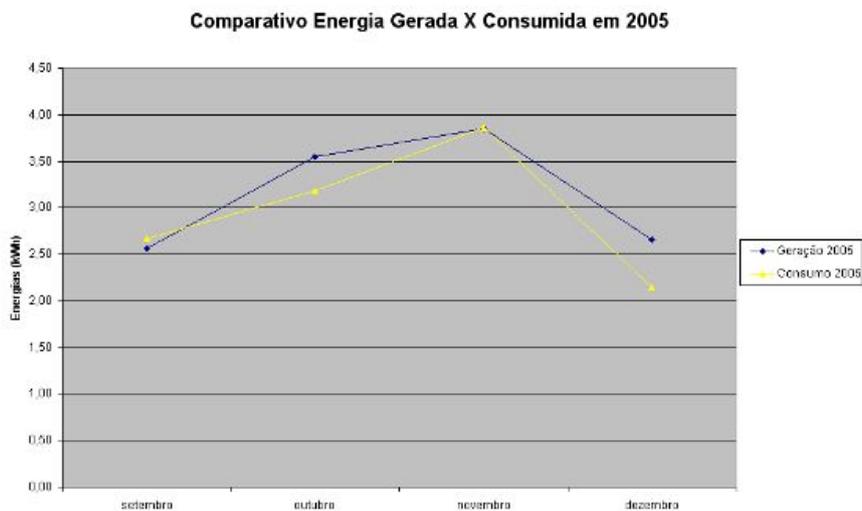


Figura 13: Comparativo das energias médias geradas e consumidas em 2005

Abaixo, na figura 14, apresenta-se um comparativo das energias geradas e consumidas em 2006. Observando-se que, em vários momentos, a energia consumida é maior que gerada. Isto ocorreu, supostamente, devido ao início do uso do projetor multimídia, que não sido mensurado no projeto inicial, por não haver a idéia da aquisição e uso do equipamento, que tem elevada potência, e que passou a gerar descargas prematuras nas baterias.

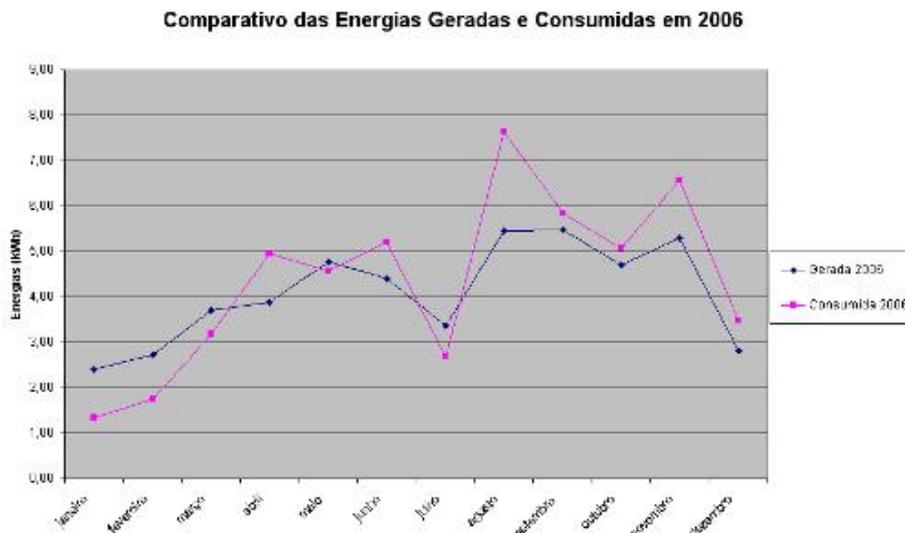


Figura 14: Comparativo das energias médias geradas e consumidas em 2006.

Outros dados trabalhados foram os consumos junto a CELPE, obtidos a partir das contas de energia elétrica da Escola. A idéia de se observar estes dados foi para poder-se mensurar a variação da dependência da fonte tradicional e, também, para se ver o efeito da reeducação na racionalização do uso da energia elétrica, um dos objetivos iniciais.

Comparando os dados de consumo da Escola, de 2004 a 2006, junto à CELPE, obtendo-se os consumos médios anuais, tabela 6, e observando-se o gráfico da figura 15, infere-se que há um aumento de consumo de 2005 em relação a 2004, este aumento é devido ao fato da escola ter passado um período fechada para reformas e ter voltado ao funcionamento apenas no final de 2004. Comparativamente, em 2006, há redução no consumo, em relação aos dois últimos anos, mesmo havendo um aumento na carga e consumo da Escola, com aquisição e uso de novos equipamentos, fazendo supor o efetivo uso da energia fotovoltaico para suprir parte das necessidades da escola, sem acarretar aumento no consumo junto a CELPE. Vendo-se o gráfico, figura 13, viu-se uma maior geração fotovoltaica em 2006 que em 2005.

Tabela 6: Consumo Médio CELPE.

2004	2.313 kWh
2005	2.532 kWh
2006	2.236 kWh

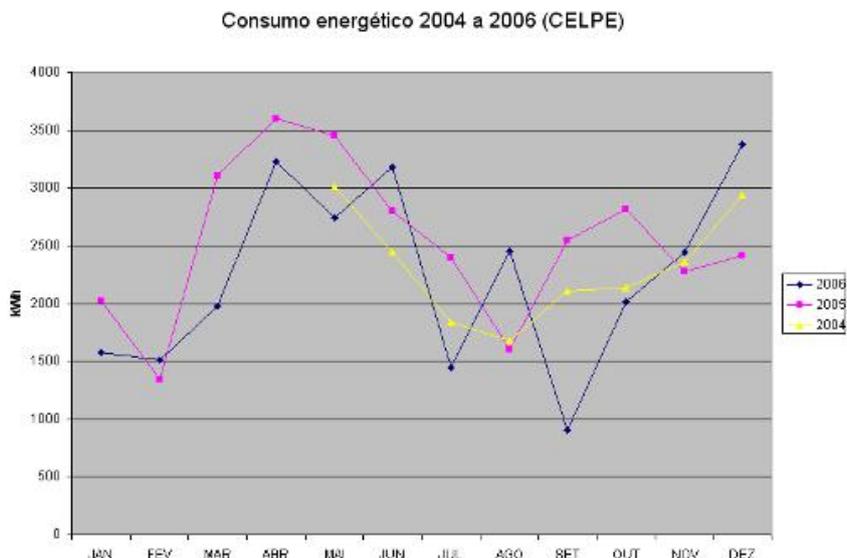


Figura 15: Consumo CELPE

3.4 Estado atual

O sistema fotovoltaico encontra-se funcionando, mas são constantes as descargas precoces do banco de baterias. Estes fatos são devido ao avançado tempo de uso das baterias, não tendo as mesmas eficiências e desempenhos de antes e necessitando serem trocadas. O tempo médio de vida de uma bateria é por volta de três anos, o que explica as freqüentes descargas precoces.

Em reuniões, entre as partes envolvidas no convênio, já se demonstrou à satisfação no sucesso do projeto e o desejo de renová-lo.

4.0 Interação dos usuários com o sistema e resultados finais

Durante o projeto optou-se por instalar um sistema híbrido, com banco de baterias, atuando paralelamente ao sistema convencional da CELPE, com seleção manual do sistema a partir de uma chave seletora.

Após a instalação do sistema de geração fotovoltaico, houve capacitação dos eletricitistas para efetuar manutenções e dos funcionários da Escola para utilizarem o sistema, havendo monitoração, por parte dos responsáveis da UFPE pelo sistema, para correções de possíveis falhas.

Observou-se, inicialmente, grande curiosidade das pessoas em conhecer o sistema e de ter algo semelhante instalado em suas residências. Mas, a grande maioria, está acostumada com a rede tradicional e a impressão de que esta é um barramento infinito, querendo fazer o mesmo em qualquer sistema, não aceitando o fato das limitações de cargas que o sistema fotovoltaico exige e questionando sua qualidade e eficácia.

A idéia inicial era de criar nas pessoas o sentimento da necessidade do uso racional da energia elétrica e a idéia da chave seletora manual era que, quando houvesse descarga prematura das baterias e fosse preciso mudar a fonte de alimentação para a tradicional, que as pessoas vissem que houve um consumo excessivo de suas partes. Mas o efeito observado foi o contrário, em sua maioria, alguns usuários passaram a questionar a qualidade da tecnologia.

Após as correções iniciais que o sistema sofreu, os demais problemas observados foram causados pelos usuários, que apesar de terem recebido treinamento, não estão suficientemente conscientes que energia elétrica não é um recurso infinito e que há necessidade do seu uso coerente, principalmente em instalações com fontes renováveis, que são projetadas para atender a cargas previstas.

Foram observados alguns fatos que merecem destaques: algumas vezes as salas de aula passavam o final de semana inteiro com todas as luzes ligadas, mesmo estando a escola fechada; Houve ligação de uma enceradeira industrial em uma das tomadas abastecidas pelo sistema, o que causou rápida descarga das baterias e quase danificou o inversor; Além disto, em meados de 2006, foi adquirido um projetor multimídia, equipamento não previsto inicialmente, que passou a ser utilizado constantemente nas aulas e a gerar descargas prematuras nas baterias. A solução encontrada para esta questão foi orientar os funcionários a ligarem o equipamento na rede tradicional.

A instalação de um sistema fotovoltaico na Escola do Legislativo de Pernambuco, apesar de modesto e em caráter experimental, representa um exemplo importante a ser seguido por outras instituições públicas, uma vez que a utilização de energia solar constitui, para a nossa população, uma fonte limpa e incomensurável de energia. Destacando-se o aspecto de que a utilização da energia solar é bastante vantajosa em nossa região, pela oferta de recursos solares abundantes durante todo o ano e do impacto ambiental ecologicamente correto promovido pela sua utilização.

Apesar de ter havido alguns problemas, considera-se vitoriosa a experiência. Espera-se que os resultados alcançados neste projeto de instalação de um sistema fotovoltaico em um prédio público sejam amplamente divulgados e utilizados para justificar leis que venham a ser adotadas no Estado, objetivando incentivar o uso das energias renováveis, particularmente da energia solar fotovoltaica.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família, em especial a minha mãe, por ser meu grande exemplo de ser humano e de caráter. A minha amada companheira, Jaiciane Cardeal, por fazer parte de minha vida, sempre estando ao meu lado, apoiando-me e incentivando-me nos momentos mais difíceis e desestimulantes. Aos amigos André Cunha e Dra. Roberta Brasilino pelas horas de ajuda e pela revisão deste trabalho e ao amigo Silvio por ser o grande amigo de todas as horas e confidente de sonhos. Por fim agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Heitor Scalabrini Costa, pela oportunidade desta pesquisa e a todos que compuseram este projeto desde seu início.

REFERÊNCIAS

- Acioli, J. L. 1992. Fontes de Energia, Editora da Unb.
Bermann, C. 2002. Energia no Brasil: Para quê? Para quem?, Editora Livraria da Física/USP-Fase.
Costa, H. S. E Fraidenraich, H. 1993. Curso para instaladores de Pequenos Sistemas Fotovoltaicos Autônomos, Centro de Treinamentos da COELCE.,
Niskier, Julio; Macintyre, A. J. 2000. Instalações Elétricas, Editora LTC, Rio de Janeiro.
Resnick, Robert; Halliday, David; Krane, Kenneth S. 2004. Física 3, Editora LTC, 2004, Rio de Janeiro.

Abstract. *At the end of 2004, was installed photovoltaic generation system with a bank of batteries in the School of Legislative, Annex V of the Legislative Assembly of Pernambuco (ALEPE). Initially the energy generated sought meet the needs of lighting, operation of televisions, VCRs, DVDs players and microcomputers in the four classrooms, continuing the other dependencies of the School being supplied by conventional power. The completion of this project was made possible by the agreement signed between the ALEPE and the Federal University of Pernambuco (UFPE) through the Foundation for Support to Development of UFPE (FADE-UFPE), and with the participation of the NGO Centre for Studies and Projects Naper Solar (responsible for conducting the project technical and architectural intervention, selection and purchase of equipment, facilities, training of electricians for maintenance and operation of equipment and staff of the School. After installation, the system has been monitored for the correction of possible failures. Through a system of tracking and data acquisition, installed near the photovoltaic system, are obtained and stored in a microcomputer, several important data for the total monitoring the operation resulting in information such as energy generated, energy consumed and irradiances incidents . The work will make a description of the basic components of the photovoltaic system installed, review its performance, reporting experiences, problems and solutions sought observed over the first three years of operation.*

Key words: Solar Energy, Photovoltaic Conversion, batteries, System Monitoring and Renewable Energy.