



CAPÍTULO 10

SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ENERGIA, COBERTURA VEICULAR, COLETA DE ÁGUA E SISTEMA DE MONITORAMENTO DIDÁTICO

Maro Jinbo

Carlos Filipe Gonçalves dos Santos

Mateus Marcon Simionato

Sandra Aparecida Antonini

Renato Luis Bergamo

Matheus Henrique dos Santos do Valle Buso

Mateus Andre Hilgert

Pedro De Paiva Queiroz

RESUMO

Este artigo trata de um sistema de energia fotovoltaica de 6,67 kW_{pico} que foi instalado no Instituto Federal de SC câmpus Chapecó. Foram construídos vigas para suportar as telhas de aluzinco e sobre estes estão dispostos os 15 painéis fotovoltaicos de 445 W_{pico}. O espaço abaixo da cobertura serve de garagem para os veículos oficiais que incluem um micro ônibus, uma caminhonete e um veículo de passeio. O telhado possui uma declividade e a água da chuva cai numa calha em sua lateral e é escoado para dentro de dois tanques reservatórios com capacidades para 1000 litros cada um. Os dois tanques estão interligados e possuem uma bomba de água que futuramente levará água até uma cisterna, mas já podem fornecer água para limpezas dos pátios e calçadas do câmpus. Considerando-se que os sistemas fotovoltaicos comerciais não permitem utilizações didáticas de forma invasiva, ou seja, abrir o inversor *on grid* para fazer alterações na eletrônica ou nos códigos dos algoritmos *MPPT* (*Máximum Power Point Tracking*), este trabalho apresenta uma forma de utilização didática para cursos da área de informática e de elétrica. Desenvolveu-se um medidor de potência elétrica da energia injetada pelo sistema fotovoltaico instalado. Faz-se a leitura da tensão alternada da rede elétrica no ponto de injeção de energia, corrente alternada, nível de água dos reservatórios, estas grandezas são apresentadas em um display 16x2 e podem ser comparadas com as medições que o sistema comercial fornece em seu aplicativo de *smartphone*.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema fotovoltaico; Medição de energia; Telhado fotovoltaico; Reuso da água das chuvas; Garagem veículos oficiais.

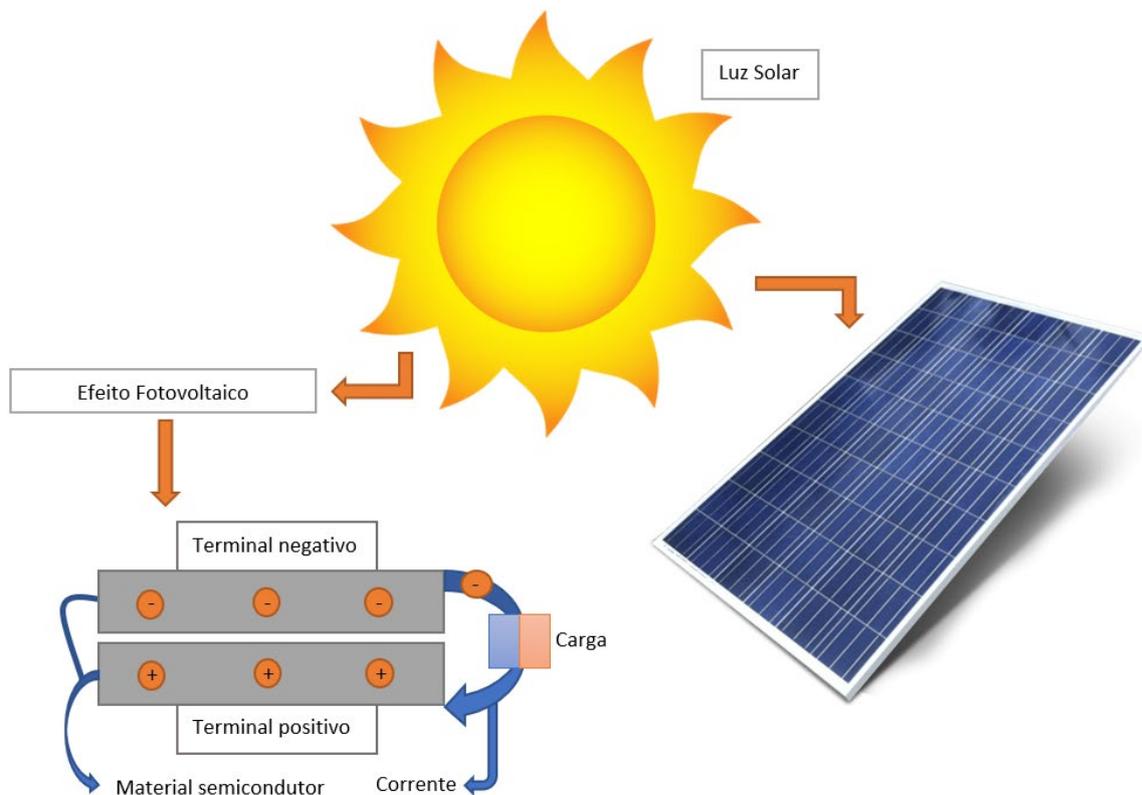
INTRODUÇÃO

A energia vem do Sol para a Terra em forma de radiação eletromagnética, composta de uma ampla faixa de frequências e comprimentos de ondas. Nesse espectro de frequências da radiação solar, tem uma faixa visível ao olho humano, uma faixa que se pode captada como calor e uma faixa que pode ser captada como energia elétrica. As ondas eletromagnéticas quando incidem em determinados materiais podem produzir efeitos fotovoltaicos ou fotoelétricos. O fotovoltaico é a transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia



elétrica utilizando-se materiais semicondutores que produzem uma diferença de potencial ou tensão elétrica sob incidência da radiação.

Figura 01: Efeito fotovoltaico.



Fonte: autoria própria, 2022.

Os painéis fotovoltaicos são constituídos de células fotovoltaicas, cujas tecnologias mais comuns são de silício monocristalino, silício policristalino e filme fino de silício. As células com tecnologia de monocristalino têm apresentado as melhores eficiências (PINHO, 2014).

Os sistemas fotovoltaicos de energia são uma grande realidade de hoje no Brasil e no mundo, em crescente expansão. Reduzem ou zeram as contas de energia elétrica da concessionária. São sistemas constituídos basicamente de painéis fotovoltaicos e inversores de frequências que exigem baixa manutenção, vida útil longa, retorno do investimento previsível e relativamente rápido, em torno de 6 a 8 anos. Existem os sistemas fotovoltaicos isolados e os conectados à rede elétrica (VILLALVA, 2012). Os painéis fotovoltaicos também estão sendo fabricados com maiores potências e os inversores de frequência *on grid* com variadas características e potências. Além disso, vários aplicativos estão sendo desenvolvidos para o monitoramento da energia injetada, aplicativo *mobile* que permitem o acesso remoto via *smaphones* por redes *wifi* ou rede de telefonia móvel.



SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO

As instituições de ensino públicas e privadas também estão investindo em geração de energia fotovoltaica. No presente trabalho apresenta-se um sistema fotovoltaico do Instituto Federal de Santa Catarina campus Chapecó que foi instalado com fomento de recursos de edital de pesquisa. Além dos benefícios da redução da conta de energia elétrica, foi solucionado o problema de longa data que é a ausência de garagem coberta para os veículos oficiais (micro ônibus, caminhonete e veículo de passeio) que ficavam expostos ao tempo e se deteriorando. No campus tem-se o curso técnico de informática integrado ao ensino médio e o curso técnico de energias renováveis integrado ao ensino médio em fase de implantação, assim sendo, é interessante poder utilizar o sistema fotovoltaico instalado para fins didáticos. Porém considerando-se que o sistema fotovoltaico possui garantias do fabricante e não é permitido utilizá-lo de forma invasiva, alterando a disposição dos painéis ou os circuitos eletrônicos e elétricos dos inversores. O sistema de medição da potência injetada desenvolvido pode ser uma forma de utilização do sistema fotovoltaico instalado de forma não invasiva. Os alunos poderão aprender eletrônica, microcontroladores, programação de linguagem C, banco de dados entre outros conhecimentos relacionados. Tem-se muitas possibilidades de desenvolvimentos a partir do que já foi implementado neste trabalho.

Entre o espaço do Bloco B (biblioteca) do campus Chapecó e o contêiner do Centro Acadêmico foi construído com vigas de aço tubular retangular o suporte para as telhas de aluzinco. Sobre essas telhas de aluzinco foram instalados 15 painéis fotovoltaicos de dimensões 2 x 1 m com potências de 445 Wpico, totalizando 6,67kWpico, conforme Fig. 01. As estruturas de vigas foram soldadas e pintadas no próprio campus pelos alunos bolsistas e professores da área mecânica. Estas estruturas ficaram apoiadas de um lado no contêiner (centro acadêmico), cujo telhado é do tipo ecológico, no outro lado na parede de alvenaria do bloco B, onde está a biblioteca. Os painéis fotovoltaicos foram afixados no telhado com estruturas próprias de alumínio e grampos parafusáveis. Optou-se instalá-los justapostos às telhas de aluzinco sem ângulo de inclinação, pois venta muito no terreno onde está o campus e têm sido frequentes danos causados pelos ventos nas coberturas de fibrocimento das edificações. Para a localização geográfica onde está o sistema fotovoltaico instalado é recomendado um ângulo de 27 graus com o horizonte, com as faces dos painéis virados para o Norte, assim consegue-se otimizar a geração de energia. Instalou-se um inversor *on grid* de 5,0 kWpico na sala de telecomunicação existente do bloco B e um micro inversor *on grid* complementar de 3,0 kWpico, logo abaixo dos painéis fotovoltaicos.



Figura 01: Estruturas de aço do telhado fotovoltaico da garagem dos veículos oficiais.



Fonte: autoria própria, 2022.

As águas das chuvas escorrem sobre as telhas de aluzinco e através de uma calha que fica na lateral junto a parede de alvenaria do bloco B são conduzidas por um tubo de PVC de 100 mm para as duas caixas de água gradeada com alumínio de 1000 litros cada um, Fig. 02. Assim que a tubulação para o bombeamento da água estiver pronta, esta água dos reservatórios será enviada para uma cisterna que já alimenta determinados vasos sanitários do câmpus. Na tampa em vermelho de uma caixa de água que se pode ver na foto da Fig.02 foi instalado o sensor de ultrassom que mede o nível de água da mesma.

Figura 02: Caixa de água com 1000 litros para coleta da água das chuvas.



Fonte: autoria própria, 2022.



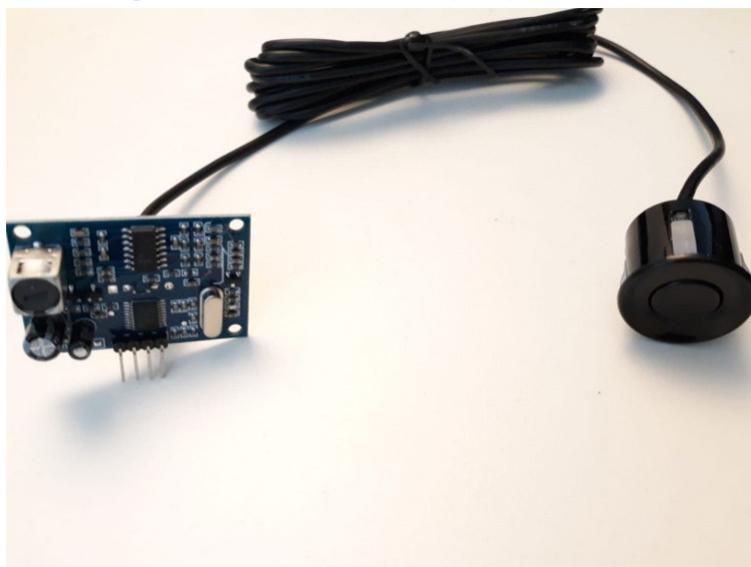
SISTEMA DE MONITORAMENTO DA ENERGIA PARA FINS DIDÁTICOS

O sistema fotovoltaico 6,67 kW_{pico} possui um sistema de monitoramento da energia injetada na rede elétrica com aplicativo para *smartphones* denominado Renoclient (RENOVIGI, 2022). Mas trata-se de um sistema todo proprietário que nada pode-se desenvolver ou complementar o seu desenvolvimento, sem acesso ao código fonte e diagramas eletrônicos e elétricos.

Objetivando a utilização do sistema fotovoltaico para fins didáticos, mas sem correr o risco de ocasionar danos ou perda da garantia do fabricante, desenvolveu-se um sistema de medição de potência e nível da água do reservatório da caixa de água de coleta. Este sistema pode ser continuamente aperfeiçoado pelos alunos das áreas a fim.

Para medição do nível da água nos reservatórios de coleta da água das chuvas foi utilizado um sensor ultrassônico de distância a prova de água, modelo JSN-SR04 (JSN-SR04, 2022), pode-se observar na Fig. 03. Possui faixa de operação entre 20 até 600 cm de distância. O sensor foi instalado na tampa da caixa de água, sua pequena placa eletrônica de transdução foi colocada no quadro de comando do motor da bomba de água, protegido das chuvas. Entre a placa de transdução do próprio sensor e o microcontrolador Arduíno UNO foi feita uma conexão com cabo de 4 vias, duas de alimentação e duas do sinal de medição do nível. Como as duas caixas foram interligadas não se tem a necessidade de medir o nível de cada uma delas separadamente. A medição do nível será muito útil quando se realizar a conexão das duas caixas de 1000 litros com a cisterna, assim toda vez que elas se encherem será acionada a bomba para transferência da água para a cisterna.

Figura 03: Sensor de distância (nível) ultrassônico.



Fonte: autoria própria, 2022.



A medição da tensão fase-neutro da rede elétrica de 220 V eficaz foi realizada no quadro de distribuição do bloco B, no ponto onde estão conectados os inversores *on grid* do sistema fotovoltaico. Utilizou-se para isso o sensor de tensão alternada ZMPT101b que pode ser utilizado na faixa de 0 até 250 V (ZMPT101B, 2022), pode-se observar na Fig. 04. O quadro de distribuição do bloco B possui 3 barramentos, uma para cada fase da rede elétrica. A tensão fase-neutro é de 220 V. Instalou-se um disjuntor monofásico de corrente nominal 1 A na mesma fase onde se está sendo injetada a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e o sensor conectado entre esta fase e o neutro, 220 V. Assim faz-se a leitura da tensão da fase que é de interesse. O sinal da medição vai até o Arduíno UNO através de três condutores, dois de alimentação do sensor e um de sinal. Necessitou-se de um divisor resistivo com dois resistores de 10 k Ω para adequação do sinal proveniente do sensor de tensão para a entrada do Arduíno. Além disso, um ajuste da tensão medida variando-se o potenciômetro da placa de transdução do sensor, utilizando-se um multímetro para aferição do valor medido pelo sensor.

A corrente elétrica alternada que está sendo injetada na rede elétrica pelo sistema fotovoltaico é medida com um sensor não invasivo, do tipo por indução e os dois condutores do sensor é conectado diretamente no Arduíno. O modelo do sensor utilizado é SCT-013-30/1V para correntes de até 30A (SCT-013-30/1V, 2022). O sensor foi colocado no condutor fase proveniente dos inversores *on grid* antes de se conectar no disjuntor do quadro de distribuição do bloco B. Necessitou-se um cuidado adicional, pois os outros condutores presentes na caixa de passagem também produzem fluxo magnético e interferem na medição da corrente elétrica. Assim foi necessário afastar o condutor e o sensor dos demais condutores presentes.

Figura 04: Sensor de tensão 0 a 250 V AC.

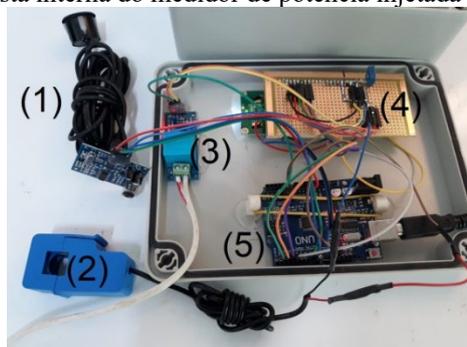


Fonte: autoria própria, 2022.



A Fig. 05 apresenta a imagem do interior da caixa plástica que contém o sistema de medição da potência injetada na rede elétrica desenvolvida. Onde: (1) sensor de nível ultrassônico, (2) sensor de corrente, (3) sensor de tensão, (4) placa do display LCD 16x2 e (5) o microcontrolador Arduino UNO.

Figura 05: Vista interna do medidor de potência injetada e nível da água.



Fonte: autoria própria, 2022.

Na Fig. 06 pode-se ver a parte frontal da caixa de medição desenvolvida. O display LCD 16 colunas por 2 linhas apresenta durante 5 segundos os valores da tensão alternada eficaz instantânea [Volts] e corrente alternada eficaz [Amperes]. Nos 5 segundos posteriores apresenta a potência elétrica injetada na rede [Watts] juntamente com o nível da água nas caixas de água [cm]. O sistema vai alternando a apresentação das grandezas de 5 em 5 segundos.

Existe um banco de dados da empresa WEBLINK (WEBLINK, 2022) que é utilizado para fins didáticos no câmpus Chapecó por alguns professores da área de informática. As grandezas medidas pelo sistema poderão ser enviadas pela internet para esse banco de dados e um link de acesso a esses dados poderá ser gerado para servir de monitoramento. Pretende-se incentivar os alunos a realizar esta atividade nas unidades curriculares de projetos integradores, principalmente nos cursos técnico de informática integrado ao ensino médio e o técnico de eletroeletrônica.

Figura 06: Vista frontal com os valores de potência elétrica e nível da água.

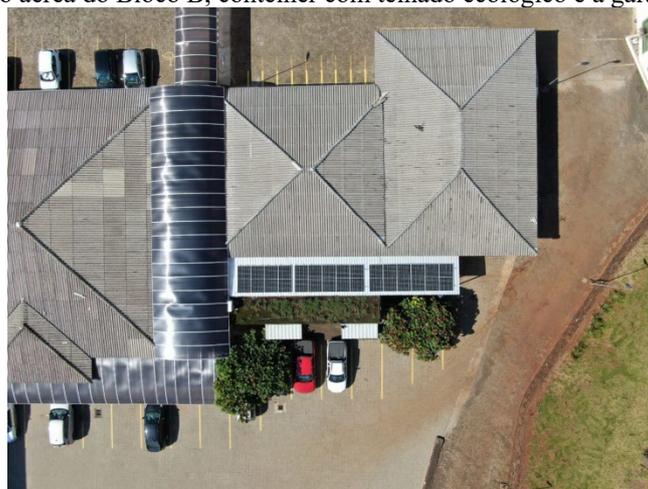


Fonte: autoria própria, 2022.



Na Fig. 07 pode-se observar a visão aérea dos blocos A (esquerda) e B (direita), dos toldos de policarbonato em formato côncavo entre os blocos e dos 15 painéis fotovoltaicos de formatos retangulares agrupados em três conjuntos. Estes foram instalados sobre as telhas de aluzinco da garagem destinadas para os veículos oficiais. Margeando os painéis o telhado ecológico do contêiner do centro acadêmico. O micro inversor de 3,0 kWpico está instalado logo abaixo dos painéis fotovoltaicos e o de 5,0 kWpico na sala de telecomunicação do bloco B.

Figura 07: Visão aérea do Bloco B, contêiner com telhado ecológico e a garagem fotovoltaica.



Fonte: autoria própria, 2022.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os 15 painéis fotovoltaicos de 445 Wpico com a utilização de um inversor de 5,0 kWpico e outro micro inversor de 3,0 kWpico constituem o sistema fotovoltaico propriamente e contribuem para a redução dos gastos com a energia elétrica no câmpus Chapecó do Instituto Federal de SC que costumam chegar a 15 mil reais mensais. As estruturas de aço que suportam as telhas de aluzinco e os painéis ficaram bem robustos e firmes.

O sistema de medições das grandezas elétricas no ponto de injeção de energia pelo sistema fotovoltaico instalado e nível da água nas duas caixas de água das chuvas funcionaram como esperado, lendo e apresentando as grandezas no *display* LCD. São apresentados tensão elétrica alternada [V], corrente elétrica alternada [A], potência elétrica injetada [W] e nível do reservatório de água [cm]. Os dados apresentados no display se alternam a cada 5 segundos. Utilizando-se um multímetro mediu-se a corrente injetada, a tensão da rede elétrica e podem-se verificar valores muito próximos com o que o sistema de medição desenvolvido apresenta. A água das chuvas armazenadas já podem ser utilizados para a limpeza nos arredores dos blocos



A e B, mas futuramente serão bombeados para uma cisterna maior já existente no campus e estes tem comunicação com determinados vasos sanitários.

Como continuidade do presente trabalho são muitas possibilidades. Pode-se citar: melhoria no código em linguagem C do Arduino UNO para que ele calcule a energia injetada em kWh pelo produto da potência medida e integração do tempo; Utilização de médias móveis para as grandezas medidas e armazenamento local dos dados em memória micro SD e remoto em banco de dados; Melhorias no banco de dados da Weblink para apresentação dos dados coleta dos através do link de internet.

REFERÊNCIAS

JSN-SR04T - Sensor Ultrassônico de Distância. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-d-agua.html>. Acesso em: 04/05/2022.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL-CRESESB, 2014.

RENOVIGI - Energia Solar. Disponível em: <https://renovigi.com.br/> Acesso em: 04/05/2022.

SCT-013-030 - Sensor de corrente alternada 30A. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/sensor-corrente-nao-invasivo-30a-ac-sct-013-030.html> Acesso em: 04/05/2022.

VILLALVA, M.G; GAZOLI, J.R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1ª Ed. Editora Erica, 2012.

WEBLINK Hospedagem de sites. Disponível em: <https://www.weblink.com.br>. Acesso em: 04/05/2022.

ZMPT101B - Sensor de tensão alternada 0 a 250V. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>. Acesso em: 04/05/2022.