https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2020

Do sol para a universidade: expandindo o uso da energia solar fotovoltaica

From sun to the university: expanding the photovoltaic solar use

RESUMO

O interesse por sistemas baseado em energia solar vem aumentando nos últimos anos. Apesar disso, o percentual dessa fonte de energia na matriz energética brasileira ainda é pequeno tal como o conhecimento acerca dos mecanismos envolvidos, mesmo dentro de universidades. Nesse projeto de extensão foram desenvolvidas/adaptadas tomadas USB para recarga de bateria de celular com energia proveniente de um sistema fotovoltaico previamente instalado com o objetivo de ampliar a utilização da energia produzida e, ao mesmo tempo, introduzir ideias de sustentabilidade e promover discussões a respeito de fontes alternativas de energia dentro da universidade. Para a confecção das tomadas utilizamos o circuito de um carregador de celular veicular que, verificamos, apresenta um comportamento muito próximo ao dos carregadores convencionais e opera com tensão contínua, o que permite seu emprego diretamente em sistemas fotovoltaicos. Também confeccionamos um comutador eletrônico de baixo custo que permite a troca de fontes de energia entre a tradicional e alternativa, como a do sistema fotovoltaico, a fim de ampliar a utilização da energia fotovoltaica gerada pelo sistema em questão também para alimentar lâmpadas LEDs. Embora esse comutador esteja pronto, sua implementação não pode ser concluída in *loco* devido a pandemia.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema fotovoltaico. Carregador de bateria de celular. Comutador eletrônico de energia.

ABSTRACT

In recent years, interest in solar-based systems has increased. Despite this, the percentage of this energy source in the Brazilian energy matrix is still small, as is the knowledge of the inherent mechanisms, even within universities. In this extension project, USB sockets were developed / adapted to recharge cell phone batteries with energy from a previously installed photovoltaic system in order to expand the use of the energy produced and, at the same time, introduce sustainability ideas and promote discussions about it. alternative energy sources within the university. For making the sockets, we use the circuit of a cellular phone charger, which, we verified, presents a behavior very close to that of conventional chargers and operates with continuous voltage, which allows its use directly in photovoltaic systems. We also manufacture a low-cost automatic electronic switch that allows the exchange of energy sources between traditional and alternative, such as that of the photovoltaic system, in order to expand the use of photovoltaic energy generated by the system used, also to power LED lamps. Although this switch is ready, its implementation cannot be completed on the spot due to the pandemic.

KEYWORDS: Photovoltaic system. Cell phone charger. Electronic power switch.

Clecius Vecchia
cleciusve@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Romeu Miqueias Szmoski
rmszmoski@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Celso Gonçalves de Quadros
goncalves@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.
Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

INTRODUÇÃO

Um sistema fotovoltaico é composto por um arranjo complexo de elementos capazes de transformar a luz do sol em energia elétrica de tal modo que possa ser utilizada pelos equipamentos que dispomos. Ele é composto basicamente por módulos solar, popularmente chamado placa ou painel solar, controladores de carga, baterias, inversores etc. A placa solar constitui o coração do sistema e sua fabricação é feita unindo células fotovoltaicas umas com as outras em série e em paralelo usando uma fita condutora sobre a superfície da película e cobrindo com um vidro, que possui um tratamento antiaderente e antirreflexo. O painel é geralmente moldurado com alumínio e colocado a caixa de junção por onde deverá sair os fios para conexão (MESSENGER; VENTRE, 2003).

Os tipos mais comuns de painéis solares são os de silício monocristalino (m-Si) e de silício policristalino(p-SI). As células de silício monocristalino mesmo sendo uma tecnologia mais antiga “apresentam maior eficiência de conversão fotovoltaica, em torno de 12- 15%, sendo que o valor máximo encontrado em laboratório foi de 25%” (MACHADO; MIRANDA, 2015, p. 129). As placas de silício monocristalino são feitas de lingotes de um grande e único cristal de silício o qual é mergulhado em silício fundido para o crescimento dos cristais os quais vão receber uma pequena quantidade de boro formando assim um semicondutor. As células fotovoltaicas de silício monocristalino são facilmente reconhecidas por terem uma cor escura mais uniforme e cantos arredondados. Já, as células de silício policristalino foram introduzidas no mercado por volta do ano de 1980 e possuem uma eficiência entre 11 e 14. A fabricação das células de silício policristalino vem da fundição dos cristais de silício em blocos formando múltiplos cristais e, após a fundição dos blocos, os mesmos são fatiados em células. É possível identificar uma célula de silício policristalino olhando a formação dos múltiplos cristais e sua coloração mais clara.

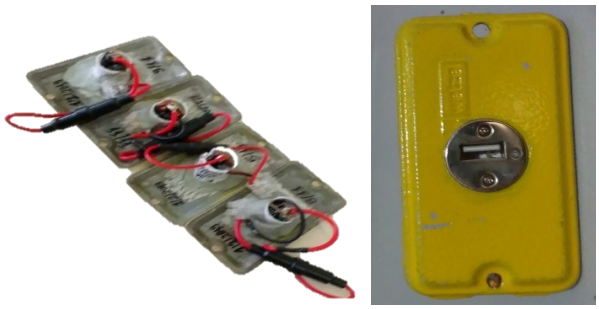
A energia gerada por um painel solar está na forma de tensão e corrente contínua. Para que essa energia possa ser utilizada nos dispositivos eletroeletrônicos comumente encontrados no mercado, cuja tensão é alternada e apresenta um valor eficaz de 127 ou 220 V, ela deve ser transformada por um inversor. Após passar pelo inversor a energia pode ser diretamente consumida por um dispositivo (sistema off-grid) ou ser injetada na rede elétrica (sistema on-grid). Sistemas on grid são aqueles que trabalham junto da rede elétrica da distribuidora de energia. Eles funcionam da seguinte maneira: as placas solares geram a energia na forma de corrente contínua, esta energia passa por um inversor que transforma ela em alternada e esta energia é aplicada na própria rede elétrica da residência e/ou distribuidora, no caso de excesso de produção pelo sistema fotovoltaico **(**RELLA, 2017). Ao contrário de um sistema on grid, no qual a energia gerada pelas placas fotovoltaicas passa pelo inversor e vai direto para a rede elétrica, no sistema off grid a energia gerada pelas placas solares passa primeiramente por um controlador de carga, responsável por direcionar a energia para ou das baterias e, do sistema ou das baterias, para o inversor, que converte a corrente contínua em alternada a fim de alimentar os equipamentos diretamente ligados a ele.

Como mencionado acima os equipamentos eletroeletrônicos são geralmente alimentados por tensão alternada. Porém, grande parte deles possui uma fonte que converte a energia alternada em contínua, tal como ocorre com os nossos carregadores de celular. Surgiu então, a ideia de desenvolver, estudar e disponibilizar um sistema de carregador para celular que aproveitasse diretamente a energia produzida pelas placas solares previamente instaladas no campus Ponta Grossa. Lembramos então dos carregadores veicular de celular e adaptamos o circuito presente nestes carregadores para a confecção de tomadas USB que disponibilizamos para a comunidade acadêmica após alguns testes iniciais. Também investigamos o processo de carregamento nestas tomadas e comparamos com o obtido por meio dos carregadores convencionais. Para isso, desenvolvemos um circuito e programa baseado no microcontrolador Arduino capaz de acompanhar a curva de carregamento (DDP X corrente) dos aparelhos em função do tempo. Nossos resultados, indicam um comportamento equivalente entre as curvas obtidas com os carregadores convencionais e adaptados. Por fim, projetamos e construímos um sistema de comutação entres fontes de energia baseado no microcontrolador Arduino. Tal sistema está em fase de testes e posteriormente será instalado no ponto de ônibus interno do campus onde disponibilizamos também três tomadas USB de recarga de celular.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para confecção das tomadas utilizamos carregadores de celular veiculares que, ligados a uma ou duas baterias, convertem os 12 V ou 24 V para aproximadamente 5 V. O painel utilizado possui uma potencia de 350 W, com uma tensão em circuito aberto de 38 V. Sendo assim utilizou-se duas baterias em serie para o controlador trabalhar no sistema 24 V. Para facilitar a instalação e utilização das tomadas, retiramos a parte frontal e circuito do carregador veicular em uma caixa hermética de passagem elétrica sobreposta convencional de tamanho 2" por 3"1/2. A montagem das tomadas se deu furando com broca escalonada as tampas lisas no diâmetro frontal do carregador que por sua vez foi colado utilizando resina epóxi. Para garantir a segurança foi instalado junto ao conjunto um fusível de 2 A visando garantir a proteção do circuito e dos aparelhos celulares em caso de sobrecarga. A Figura 1 mostra a parte frontal e interna das tomadas após as adaptações.

Figura 1 - Tomadas USB

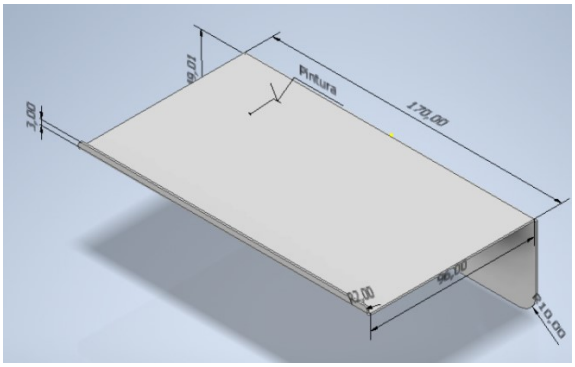


Fonte: Autoria Própria (2020).

Após instaladas as primeiras tomadas verificou-se a necessidade de um suporte para que os usuários pudessem deixar seus aparelhos. Desenvolvemos, então, suportes usando chapas metálicas dobradas em formato de L para serem

fixadas próximas as tomadas. A Figura 2 exibe o desenho 3D do suporte projetado e confeccionado

Figura 2 - Vista tridimensional do suporte para celular



Fonte: Autoria Própria (2020).

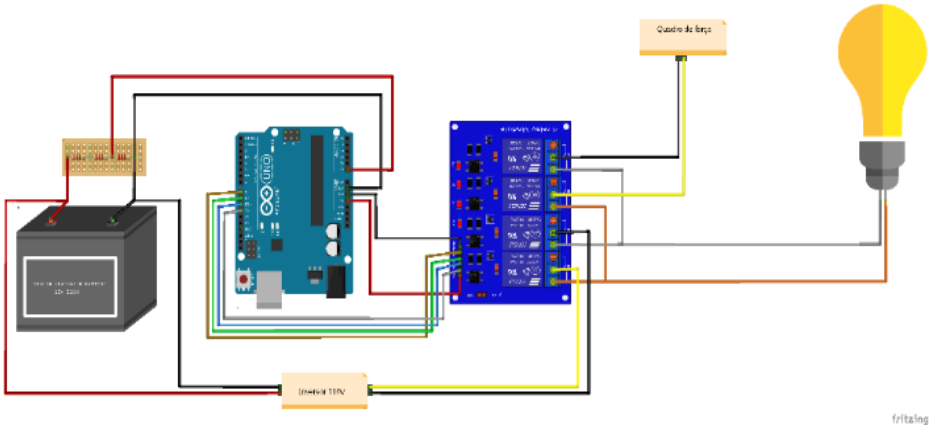
Além das tomadas e suporte desenvolvemos um comutador eletrônico de energia utilizando um microcontrolador Arduino com um módulo de relês de 4 canais. Como cada bateria de um sistema solar pode atingir até 14,8 V dependendo do modelo, foi necessário fazer um divisor de tensão para que a DDP da bateria pudesse ser lida diretamente nas portas analógicas do Arduino, as quais suportam uma tensão máxima de apenas 5 V e uma corrente máxima de 40 mA. Para a construção do divisor de tensão foi utilizado três resistores de 220 Ω associados em série, sendo o negativo da fonte conectado ao GND do Arduino e a outra extremidade do resistor mais próximo ao GND conectada ao pino analógico A1. Desta forma, o valor da DDP da bateria é igual a três vezes o valor medido neste pino, ou, na linguagem do Arduino ver EQ. (1).

$$V_{BAT} = \text{analogRead(A1)}*15.0/1023. \quad (1)$$

Definimos então uma variável ajustável chamada SetPoint que define o valor abaixo do qual o fornecimento de energia proveniente do sistema solar é interrompido e o abastecimento da carga a partir da energia da rede normal é estabelecido. Esta comutação ou troca é realizada alternando os relês ativados a cada momento, sendo dois relês para o sistema solar e outros dois para a rede normal. A Figura 3 exibe as conexões do Arduino com cada componente do comutador. Também é exibido a bateria e o inversor que são conectados ao comutador. O painel e o controlador de carga não são exibidos na figura por não serem ligados diretamente ao comutador. Na figura também é exibida uma lâmpada que representa a carga controlada pelo comutador. Nosso objetivo inicial era disponibilizar esse sistema para controlar quatro lâmpadas LEDs de 18 W cada presentes no ponto de ônibus. No entanto devido a pandemia esta fase do projeto não foi implementada.

Por último, para facilitar a visualização da DDP e do SetPoint durante o funcionamento do comutador, foi utilizado um LCD Keypad shield, que corresponde a um módulo com display LCD 16x2 e seis botões interconectados ao pino analógico A0. No nosso caso, utilizamos os botões para definir o valor do SetPoint. A Figura 4 exibe o comutador com o LCD encaixados em uma caixa plástica de passagem para melhor proteção e acabamento.

Figura 3- Ilustração do comutador eletrônico de energia



Fonte: Autoria Própria (2020).

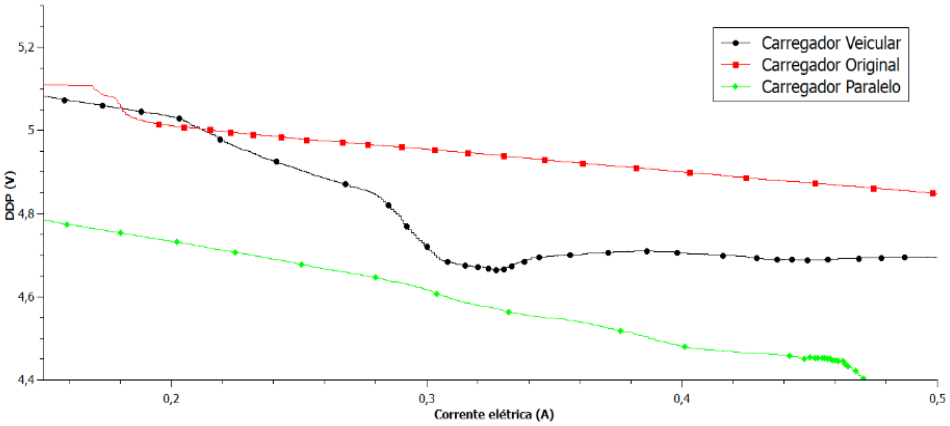
Figura 4- Foto do comutador eletrônico de energia com o LCD

Fonte: Autoria Própria (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O local de instalação das cinco primeiras tomadas USB foi definido pela proximidade com o sistema e considerando a presença frequente de alunos. Próximos às tomadas, fixamos adesivos do projeto indicando que se trata de energia proveniente de um sistema fotovoltaico e também fixamos cartazes com o lema “Aproveite mais o sol: recarregue aqui seu celular”. Também divulgamos a existência destas tomadas nas salas de aulas próximas e, neste momento, alguns alunos informaram que já tinham utilizado. Alguns deles também informaram que, comparativamente ao carregador original, o tempo de carregamento era bem maior. Diante disso, montamos um circuito com sensor de corrente e tensão, e analisamos o processo de carga utilizando o carregador original de um determinado aparelho, um carregador paralelo e o carregador USB instalado. O gráfico 1 mostra o comportamento médio da DDP em função da corrente elétrica para os três carregadores mencionados. Cada ponto refere-se a média de 1000 medidas durante 10 min subsequentes.

Grafico 1 - medidas de carregamento dos aparelhos celular



Fonte: Autoria Própria (2020).

Pode se observar que o carregador original apresenta menor número de pontos e, portanto, menor tempo de carga. No entanto, embora o carregador original indicasse uma corrente de 2 A, em nenhum dos testes realizados observamos corrente maior do 1,0 A. Para o caso ilustrado no gráfico a corrente elétrica fornecida pelo carregador original possui um valor maior do que a fornecida pelos demais na maior parte do tempo. Consequentemente, apresenta o menor tempo de carregamento. Isto também pode ser constatado pela quantidade de pontos do gráfico, a qual está relacionada diretamente ao tempo de carga, e é menor para o carregador original. Apesar disso, é possível notar que o carregador proposto (veicular) fornece uma corrente levemente maior do que o carregador original no final da carga, e maior do que o carregador paralelo durante todo o processo de carregamento. Vale ressaltar que os dados de constantes no gráfico 1 foram obtidos usando um Arduino modelo uno, um sensor de corrente para ACS712 e o mesmo divisor de tensão descrito na seção anterior.

No gráfico 1 também é possível observar que o carregador original apresenta um comportamento aproximadamente linear durante toda a carga e, com isso, ele mantém uma velocidade quase constante de carregamento. O carregador paralelo utilizado também apresentou uma tendência linear, mas não tão comportado quanto o carregador original. Além disso, a corrente fornecida por ele ficou bem abaixo daquela do carregador original, tornando o tempo de carregamento mais longo e, em alguns casos, não atingindo o 100% de carga. Já o carregador veicular adaptado apresentou um comportamento linear por partes, apresentando uma variação brusca nos instantes em que o aparelho chegava próximo a 60% da carga máxima. Apesar disso, a corrente fornecida apresentou um valor intermediário entre aquela do carregador original e paralelo no início e depois dessa variação ela ficou muito próxima da fornecida pelo carregador original garantindo o mesmo valor de estabilização final, o que é importante, para assegurar uma maior durabilidade da bateria.

Em um segundo momento foram instaladas mais quatro tomadas, sendo três no ponto de ônibus interno ao campus e uma no laboratório. As tomadas no ponto de ônibus apresentaram grande utilização e aceitação. Diante disso, e

considerando que o sistema estava produzindo uma quantidade bem maior de energia do que aquela consumida pelas tomadas, pensamos em aproveitar a energia solar também para a iluminação do ponto de ônibus durante a noite. Um problema nesse caso, seria garantir a iluminação mesmo quando ocorresse sequencias de dias chuvosos e o sistema não fosse capaz de carregar totalmente as baterias durante o dia. Pensamos então em desenvolver um comutador eletrônico para trocar as fontes de energia de alimentação das lâmpadas com base na DDP das baterias. Nesse caso, foi preciso considerar a inserção de um inversor de potência no sistema. Após alguns estudos, confeccionamos o comutador descrito na seção anterior e com capacidade de 120 W de potência, a qual é suficiente para suprir as seis lâmpadas existentes no local. Em testes realizados, em casa devido a pandemia, simulando um sistema fotovoltaico com fonte e usando lâmpadas incandescentes como carga o sistema trocou de rede automaticamente e nenhum atraso ou apagão pode ser notado, o que valida o sistema e o torna um produto promissor. A instalação no local previsto inicialmente, vai ser realizada tão logo que sejam retomadas as atividades presenciais e o projeto seja aprovado pelo setor competente da instituição.

CONCLUSÃO

Com o circuito de carregador de celular veicular pudemos montar tomadas USB de forma prática e funcional sem grandes dificuldades. As tomadas tiveram boa aceitação da comunidade acadêmica e a utilização estava crescente até a interrupção das atividades acadêmica pela pandemia. A existência destas tomadas aumentou o interesse dos alunos em conhecer mais sobre sistemas alternativos de energia, esta constatação é fundamentada pelos questionamentos que surgiram principalmente nas aulas de física 3 experimental, cujo laboratório, dispõe de tomadas tanto na parte interna quanto externa.

O estudo da corrente elétrica e tensão durante o carregamento da bateria usando o carregador proposto e outros dois modelos, permitiu entender melhor o processo e mostrou que as tomadas preservam a vida útil das baterias. Este estudo também nos motivou a inserir LCDs em futuras tomadas para que o usuário possa acompanhar os valores de corrente e tensão durante a carga e com isso aperfeiçoar as tomadas e, ao mesmo tempo, explorando e ensinando mais sobre os parâmetros envolvidos. Por último, os resultados obtidos nos testes realizados com o comutador indicam que o mesmo pode ser empregado para o fim inicialmente proposto e, ao mesmo tempo, transformar-se em um produto inovador para aqueles que desejam implementar um sistema off-grid e não querem ficar conectando e desconectando manualmente os equipamentos em uma ou outra rede.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Celso G. de Quadros e Romeu M. Szmoski pela confiança e orientação neste trabalho, a UTFPR e DIREC pela ajuda financeira e infraestrutura para que o projeto tenha sido realizado.

REFERÊNCIAS

MACHADO, C.; MIRANDA, F. Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

MESSENGER, R.; VENTRE, J. Photovoltaic Systems Engineering. 2. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

RELLA, RICARDO. Energia Solar Fotovoltaica No Brasil. Revista de Iniciação Científica. Criciúma, SC, v. 15, n. 1, 2017