

PROTÓTIPOS DE CARREGADOR FOTOVOLTAICO (FV) E LUMINÁRIA DE EMERGÊNCIA FV

Dafne Guimarães e Silva – dafneguimaraes.s@gmail.com

Gustavo Ladeira Kuerques – gustavokuerques@hotmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Departamento de Engenharia de Controle e Automação

Guilherme Amaral do Prado Campos – gcampos.cefet@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Departamento de Engenharia Mecânica

Resumo. A produção de energia elétrica no Brasil por muitos anos ficou em segundo plano. Isso foi constatado, em 2001, quando o brasileiro foi obrigado a fazer racionamento para reduzir os riscos de apagões. A partir desse momento, surgiram alguns investimentos na área, sendo o mais relevante, no âmbito de sistema fotovoltaico isolado (SFVI), o programa Luz para Todos do governo federal. Esse incentivo possibilitou a instalação de SFVI para iluminação rural, cerca elétrica, telefonia e bombas hidráulicas para irrigação. O projeto proposto desenvolveu protótipos de um carregador fotovoltaico (FV) para celular e uma luminária de emergência FV. O carregador FV foi baseado em circuitos conhecidos e focado em obter um custo reduzido com uma boa confiabilidade. Já no projeto da luminária, iniciou-se com uma existente e refeito toda parte do circuito eletrônico para atingir os objetivos de ter como fonte de energia o módulo FV e um baixo custo. Ambos os protótipos se mostraram de fácil replicação.

Palavras-chave: Carregador FV, Luminária FV e Sistemas Fotovoltaicos Isolados.

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica, no Brasil, há cerca de dezesseis anos atrás era, principalmente, dependente das hidrelétricas. Em 2001, Devido à falta de planejamento e a falta de água de chuva foi necessário um racionamento de energia no país inteiro, o que gerou um prejuízo para a economia nacional. Apesar disso, o governo continuou investindo apenas em hidrelétrica, inaugurando em 2002: a Usina Hidrelétrica Machadinho e a Usina Hidrelétrica Cana Brava. Contudo, também em 2002, o governo lança um Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) para incentivar o estudo e verificar a viabilidade técnica-econômica na utilização de fontes limpas (MME). Em 2003, foi criado, através do decreto 4.873/2003, o Programa Luz para Todos para levar energia elétrica para locais sem rede elétrica e que permitiu o uso de outras fontes de energia renovável, como por exemplo geração por módulos fotovoltaicos. Entretanto, foi em 2009, com a aprovação do Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017 que possibilitou a entrada de novas fontes de energia renovável através de leilões para a criação de usinas e contratação do fornecimento de energia renovável (BBC).

A partir desse histórico, é possível perceber que o Programa Luz para Todos foi fundamental para o desenvolvimento de sistemas de geração isolados, ou seja, aqueles desconectados da rede. Eles podem utilizar qualquer tipo de fonte de energia (por exemplo, diesel, gasolina, álcool, energia solar, biogás, biomassa e energia eólica) para geração de eletricidade, o que vai definir qual deve ser aplicado é o seu custo e o acesso da população a esse tipo de tecnologia.

A energia solar fotovoltaica (FV) é uma dessas fontes utilizada na concepção de sistemas de geração isolados, sendo esses sistemas FV chamados de Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI). A energia FV é obtida através da conversão direta da luz (efeito fotovoltaico) em energia elétrica utilizando como elemento de conversão as células fotovoltaicas que são geralmente fabricadas com material semicondutor (Pinho e Galdino, 2014).

Este projeto estudou e desenvolveu dois protótipos para SFVI. O primeiro foi um carregador fotovoltaico para celular que inicialmente atenderá a demanda no interior do CEFET/RJ Campus Nova Iguaçu e, posteriormente, a comunidade do entorno da instituição que necessita de uma infraestrutura de qualidade e sustentável. O segundo protótipo proposto é uma luminária de emergência modificada para ser carregada por módulo FV e que atenderá a demanda da instituição de falta de iluminação de emergência quando ocorrem apagões devido à instabilidade da rede na região. Esse sistema também servirá de base para o desenvolvimento de sistema de iluminação de emergência na comunidade local.

2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

O Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI), também chamado de autônomo, é caracterizado por não estar ligado à rede elétrica. Contudo, ele pode ser instalado em qualquer local independente se existe ou não rede elétrica disponível (Villalva, 2015). O projeto autônomo pode ser do tipo individual ou miniredes como ilustra a Fig. 1. No individual, o

objetivo é atender um único consumidor, enquanto para sistemas de miniredes, a geração pode ser dividida com mais consumidores (Pinho e Galdino, 2014). Nas próximas seções serão discutidos os componentes básicos e aplicações dos SFVI.

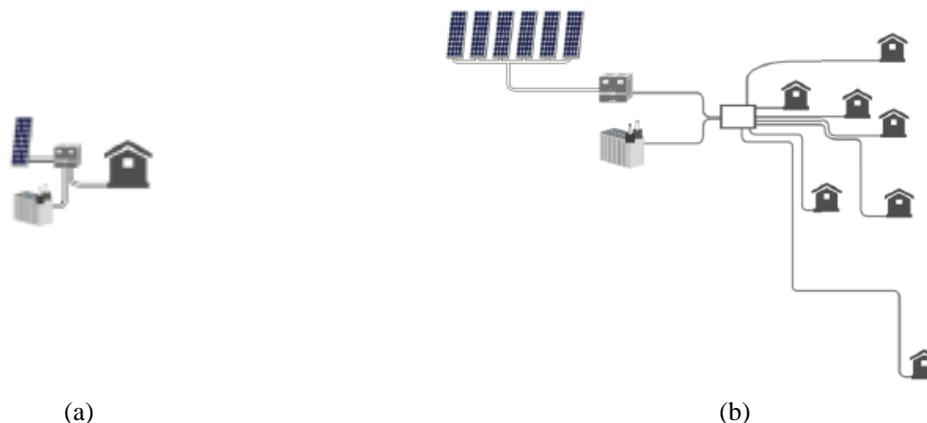


Figura 1 - Esquema de sistemas fotovoltaicos isolados. (a) SFVI individual e (b) SFVI mini-rede (Fonte: Alonso, García e Silva, 2013).

2.1 Componentes dos SFVI

Ao desenvolver os projetos de sistemas fotovoltaicos autônomos é necessário conhecer os principais componentes que são: os módulos fotovoltaicos, controlador de carga e bateria, em alguns casos também é utilizado o inversor de frequência, como ilustra a Fig. 2. Os módulos (ou painéis) fotovoltaicos são constituídos de células fotovoltaicas conectadas em série e/ou em paralelo com o objetivo de produzir tensão e corrente suficientes para o sistema (Pinho e Galdino, 2014).

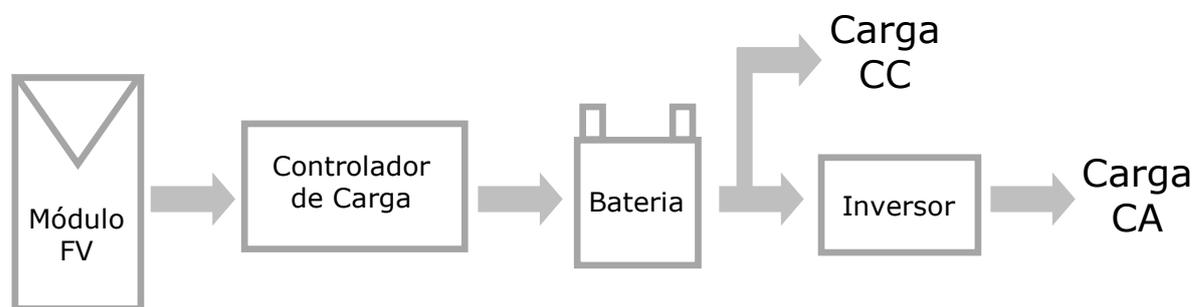


Figura 2 - Componentes principais de sistemas fotovoltaicos autônomo.

O controlador de carga (também pode ser chamado de regulador de carga ou tensão) é bastante utilizado nos SFVI devido sua capacidade de proteger a bateria de contra cargas e descargas excessivas, aumentando a vida útil da mesma. Esse componente é crítico pois sua falha pode causar problemas irreversíveis no sistema de armazenamento. Para esse dispositivo funcionar corretamente são controladas as seguintes variáveis: estado de carga, tensão e densidade do eletrólito da bateria. Já a bateria é o dispositivo de armazenamento de energia elétrica mais utilizado nos sistemas FV isolados. O dimensionamento é feito para atender a demanda do local em períodos de baixa irradiância solar. A bateria mais utilizada é a eletroquímica, por ser uma forma eficiente e de fácil acesso.

Por fim, o inversor, um componente eletrônico que tem como uma das funções transformar a energia elétrica em corrente contínua (cc) em uma fonte com corrente alternada (ca) (Alonso, García e Silva, 2013). Eles possibilitam que nos SFVI seja possível conectar eletrodomésticos fabricados em fonte ca, por exemplo.

2.2 Aplicações de SFVI

O sistema FV isolado pode ser instalado em qualquer local, visto que é independente da rede elétrica. Isso permite uma flexibilidade para criar soluções energéticas nas mais diversificadas situações. Segundo Pinho e Galdino, algumas das aplicações são: telecomunicação, monitoramento, iluminação, sistema de bombeamento de água e cerca elétrica. As aplicações mais comuns dos sistemas fotovoltaicos na área de telecomunicações são (Villalva, 2015):

- Estação de rádio;
- Estações repetidoras de TV;
- Auxílio à navegação;

- Estações base de telefone celular;
- Telefones de emergência em estradas.

Já as aplicações na área de monitoramento são (Villalva, 2015):

- Controle de tráfego em estradas;
- Monitoramento de condições ambientais (estações meteorológicas, anemométricas, pluviométricas, de poluição etc);
- Registros sísmicos (sismógrafos);
- Pesquisas científicas.

A iluminação pode ser feita na parte interna ou externa de residências, postes de iluminação pública, parte comuns de condomínios, embarcações e outros locais que precisam de iluminação, mas não tem acesso a rede elétrica. Em locais com poços artesianos, uma aplicação que pode ser bastante útil são sistemas de bombeamento de água com sistema FV.

Em zonas rurais ou de sertão, com água salobra, é possível fazer um SFVI para dessalinização da água. Por fim, em locais que necessitam de cerca elétrica é possível também o uso desses tipos de sistemas.

3. DESCRIÇÃO DOS PROTÓTIPOS

O trabalho proposto buscou o desenvolvimento de protótipos de baixo custo e funcionais que possam ser replicados. O projeto iniciou com a concepção do carregador FV para celular por ser uma necessidade do CEFET/RJ Campus Nova Iguaçu, visto que existem poucos pontos para que os discentes e docentes possam carregar os mesmos. Além de disseminar o uso de energia fotovoltaica no dia a dia.

O segundo protótipo foi desenvolvido também avaliando as necessidades do Campus. Ao longo do ano, em diversos momentos, a instituição sofre com queda de tensão deixando no escuro as salas de aula e corredores por não existir gerador e poucos pontos com iluminação de emergência. A partir desse problema, optou-se por desenvolver uma forma de baixo custo para iluminar os corredores na falta de energia elétrica.

Nas próximas seções serão discutidos o local de instalação, o projeto do carregador FV para celular e o projeto da luminária de emergência.

3.1 Dados do Local das Instalações

O trabalho proposto tem como objetivo estudar aplicações de sistemas FV Isolados de baixo custo na instituição de ensino, CEFET/RJ no Campus de Nova Iguaçu. Ele está localizado na estrada de Adrianópolis, nº 1317, na vila nossa Sra. da Conceição, Nova Iguaçu, RJ, CEP 26041-271, Brasil. As coordenadas são:

- Latitude: S 22.70466°;
- Longitude: W 43.46242°.

O prédio principal da instituição possui três blocos (A, B e C), como ilustra a Fig. 3, sendo os protótipos instalados no bloco A. Na Fig. 4 é possível visualizar a posição dos módulos fotovoltaicos instalados na instituição que fazem parte do carregador FV e da iluminação de emergência FV. É possível verificar também que o bloco A possui um ângulo (ângulo azimutal) de 20.6°, em relação ao Norte.



Figura 3 - Foto do CEFET/RJ Campus Nova Iguaçu (Fonte: GoogleMaps).



Figura 4 - Posição dos módulos FV que estão sendo utilizados nos protótipos (Fonte: GoogleMaps).

3.2 Carregador Fotovoltaico para Celular

O protótipo do carregador fotovoltaico (FV) para celular foi desenvolvido para atender as necessidades de discentes e docentes dentro do Campus. O protótipo proposto é um sistema fotovoltaico isolado individual que permitirá o acesso a tomadas de fonte renovável para carregar os celulares ao longo de todos os turnos. O dispositivo é composto pelos seguintes itens: módulo fotovoltaico, controlador de carga, bateria e regulador de tensão, conforme ilustra a Fig. 5.

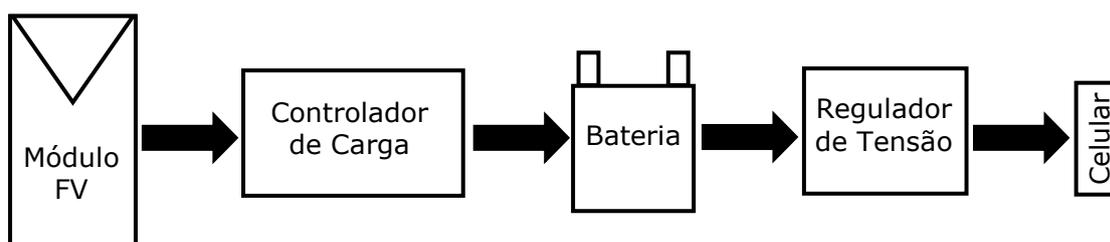


Figura 5 - Esquema do carregador de celular FV.

O módulo fotovoltaico utilizado é do tipo silício policristalino com 36 células, modelo Kyocera KS10, e potência igual à 10 Wp nas condições padrão de teste, 1000 W/m² a 25°C e AM 1,5. A tensão de operação é 17,4 V e a corrente de operação é de 0,58 A. Ele foi instalado na inclinação (*Tilt*) de 22° (semelhante ao valor da latitude local que é de 22.70466°) e rotacionado em relação ao Norte em 20.6° (Azimute igual à 20.6°, Noroeste). Na Fig. 6 é possível observar a Inclinação e o Azimute.

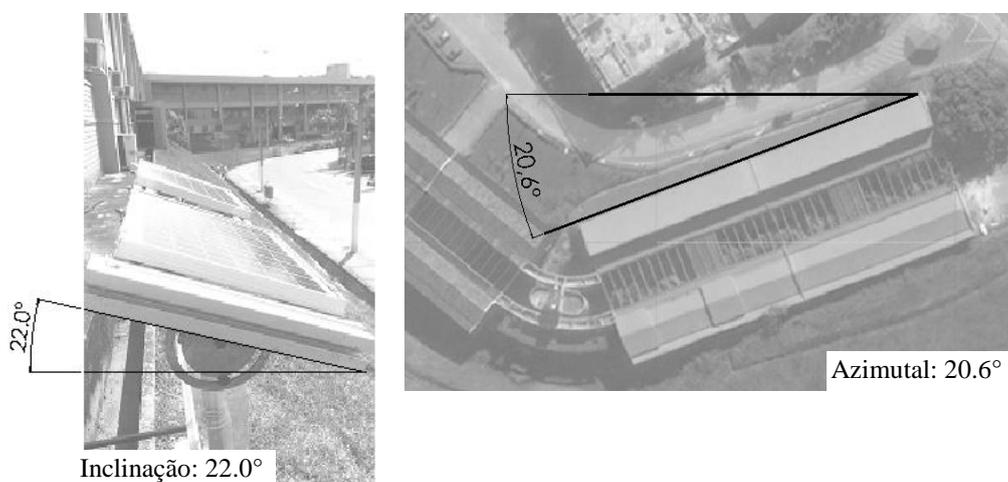


Figura 6 - Detalhe do ângulo de Inclinação e Azimute.

O controlador de carga foi desenvolvido na instituição e tem como funções: controla a carga e descarga na bateria e modificar a tensão. O sistema de armazenamento escolhido é o Haze Power, modelo HMA (6 V / 4,5 Ah) e permite uma autonomia para que o sistema seja utilizado na parte noturna da instituição. Por fim, o regulador de tensão que permite fornecer para o celular a tensão de 5 V que é a característica desse dispositivo, também desenvolvido internamente. Na Fig. 7 é possível observar as instalações do carregador FV e na Fig. 8 é ilustrado o circuito eletrônico do sistema.

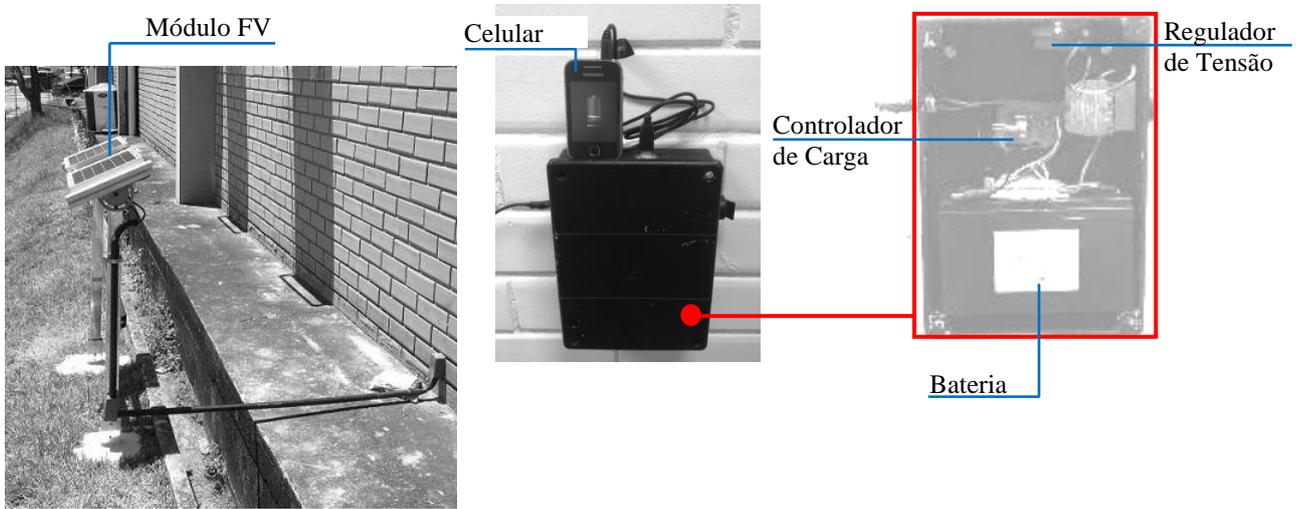


Figura 7 - Instalações do carregador FV.

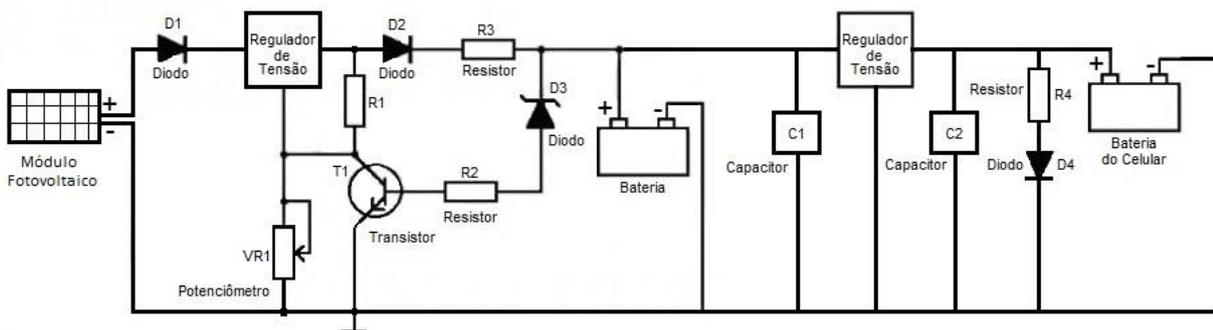


Figura 8 - Esquema do circuito eletrônico.

3.3 Luminária de Emergência Fotovoltaica

O sistema de iluminação de emergência deve obedecer a Norma NBR 10898:1998 que diz no item 3.11: “iluminação que deve clarear áreas escuras de passagens, horizontais e verticais, incluindo áreas de trabalho e áreas técnicas de controle de restabelecimento de serviços essenciais e normais, na falta de iluminação normal”. Ainda segundo a Norma, alguns dados importantes são: a temperatura mínima que ele deve suportar é de 70 °C, a tensão de alimentação das luminárias instaladas não deve ultrapassar 30 V e o tempo de funcionamento mínimo deve ser de 1 hora.

Uma luminária de emergência comercializada possui uma bateria interna recarregável e, dessa forma, seu sistema de iluminação é acionado automaticamente quando há falta de iluminação elétrica no ambiente. Para que isso ocorra, a luminária fica conectada na tomada e com a interrupção de energia, ela acende. Ela ainda oferece dois níveis de iluminação, forte e fraca. Na Fig. 9 é possível analisar o circuito comercial.

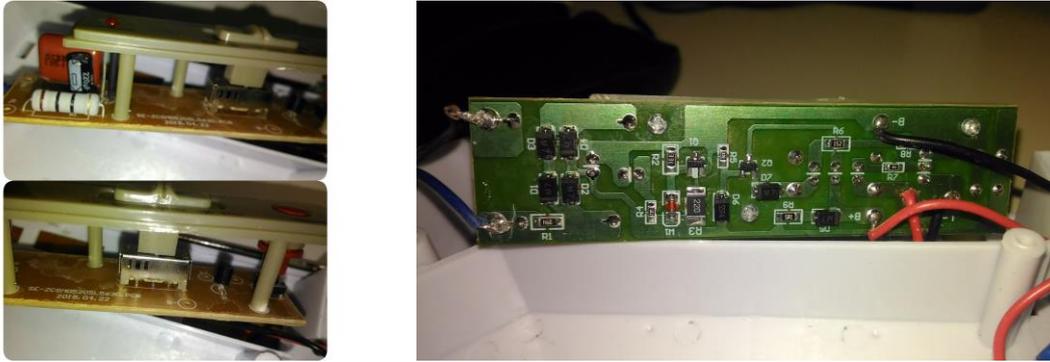


Figura 9 - Circuito eletrônico de uma luminária comercial.

A proposta desse trabalho foi modificar a luminária de emergência comercial por um circuito que tivesse como fonte um módulo fotovoltaico. O circuito atual possui como fonte principal a rede local que fornece energia para carregar a bateria recarregável interna da luminária. O novo circuito é capaz de verificar se existe ou não energia elétrica no ambiente sem que sua bateria seja carregada pela rede elétrica local, e sim, pelo módulo FV. Essa conexão na rede tem a função de chave que é realizada pelo relé. Além disso, a eletrônica no corpo do projeto foi minimizado e teve seu custo reduzido pela substituição por uma tomada que já contém uma pequena eletrônica interna que converte 127v em 5v. Na Fig. 10 é ilustrado o circuito eletrônico proposto e na Fig. 11 o esquema do circuito.

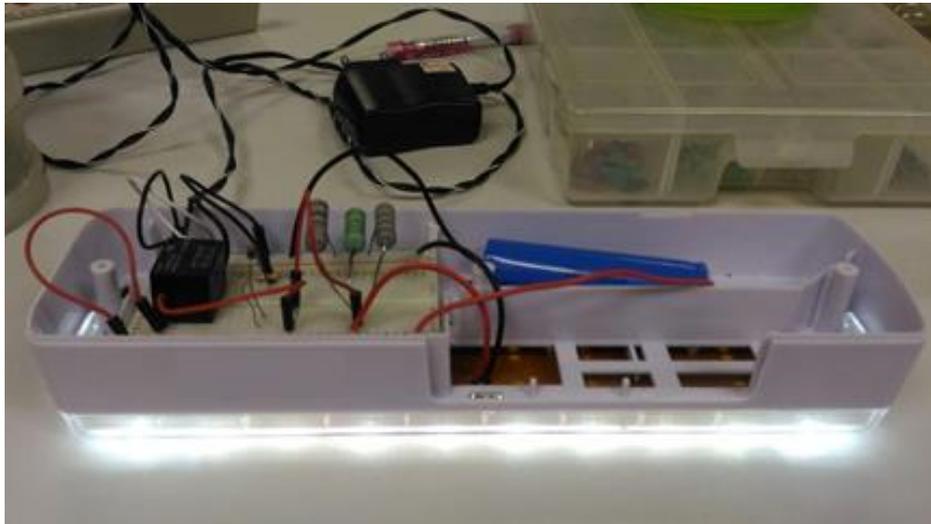


Figura 10 - Circuito eletrônico proposto.

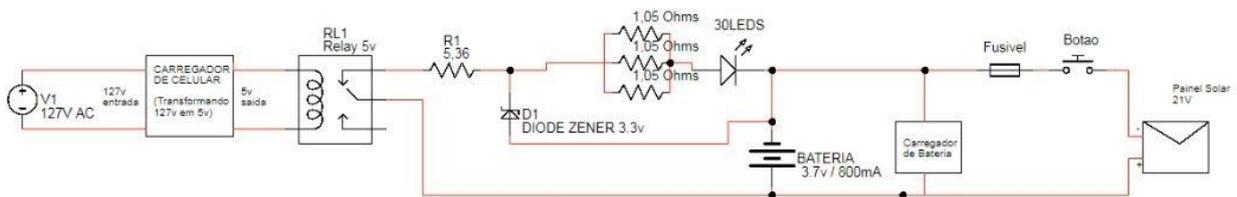


Figura 11 - Esquema do circuito eletrônico proposto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo do carregador FV para celular foi construído e testado. Contudo, durante os testes foi constatado que o resistor R3 (vide Fig. 8) sofreu danos por não resistir a dissipação térmica do circuito. Com isso, após reavaliação do circuito, verificou-se que para esse tipo de circuito deve-se empregar o resistor do tipo de potência, que após os cálculos optou-se por um resistor de potência modelo $10 \Omega / 1 \text{ W}$. Assim, após a troca pelo novo resistor e avaliação ao longo de duas semanas, o carregador passou a funcionar de forma satisfatória atendendo a proposta inicial do projeto. O custo total do carregador é de R\$ 284,70, como é descrito na Tab. 1.

Tabela 1 - Custo do carregador FV para celular.

	Componente	Especificação	Qtd.	Valor Unit.	Valor Total
Circuito do Painel Solar para Bateria de 6V	Módulo Fotovoltaico	10 Wp	1	R\$ 175,00	R\$ 175,00
	Diodo	1N4007	2	R\$ 0,30	R\$ 0,60
	Regulador de Tensão	LM317 (1,25 V a 37 V)	1	R\$ 1,30	R\$ 1,30
	Resistor	180 Ω	1	R\$ 0,12	R\$ 0,12
	Resistor	10 Ω / 1 W	1	R\$ 0,12	R\$ 0,12
	Resistor	1 k Ω	1	R\$ 0,12	R\$ 0,12
	Potenciômetro	1 k Ω	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Transistor	BC548	1	R\$ 0,40	R\$ 0,40
	Diodo Zener	6,8 V / 1 W	1	R\$ 0,40	R\$ 0,40
	Bateria	6 V / 4,5 Ah	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Circuito da Bateria de 6V para Bateria do Celular	Capacitor	100 μ F	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Transistor	7805 (5 V)	1	R\$ 0,40	R\$ 0,40
	Capacitor	0,1 μ F	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Resistor	150 Ω	1	R\$ 0,12	R\$ 0,12
	LED		1	R\$ 0,12	R\$ 0,12
Comum	Placa de Cobre	5 x 7 cm - Fenolite	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
				Valor Total	R\$ 284,70

O protótipo da luminária de emergência foi concebido a partir de uma luminária existente. A estrutura plástica foi mantida, mas todo o circuito eletrônico foi trocado para que a bateria da luminária fosse carregada pelo módulo FV de 10 Wp instalado na instituição. O circuito eletrônico atual foi trocado por um circuito novo. O circuito proposto tem como principal modificação a fonte de alimentação da bateria que passou a ser carregada por um módulo fotovoltaico, além disso outra modificação considerável foi o sistema de detecção de energia elétrica no ambiente que se optou por utilizar um relé. Essa modificação permitiu saber se existe eletricidade no local, mas sem utilizá-la para carregar a bateria. Outro ponto positivo da proposta, foi o uso de resistores de melhor qualidade que possibilita alcançar maior eficiência e robustez ao sistema.

O custo da luminária sem considerar o módulo fotovoltaico é de R\$ 41,70, como é descrito na Tab. 2. Se considerar o módulo fotovoltaico (10 Wp) e estrutura, esse custo vai para aproximadamente R\$ 211,70. Contudo, esse módulo pode ser utilizado para outros sistemas como o carregador FV para celular, visto que a maior parte do tempo ele estará ocioso.

Tabela 2 - Custo da luminária de emergência FV.

Componente	Especificação	Qtd	Valor Unit.	Valor Total
Luminária de LED	-	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Carregador do Celular	127 / 5 V	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Relé	5 V 15 A	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Resistor	5,3 Ω / 2 W	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Diodo Zener	3,6 V	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Resistor	1,05 Ω / 2 W	3	R\$ 1,00	R\$ 3,00
Bateria Lítium	3,7 V / 800 mAh	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
LED	1 W	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Jumper	-	10	R\$ 0,27	R\$ 2,70
Placa de Circuito	-	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
			Valor Total	R\$ 41,70

5. CONCLUSÃO

Os programas do governo federal para incentivar a utilização de fontes de energias renováveis e o programa luz para todos possibilitou a utilização de novas tecnologias de geração, como por exemplo o uso de módulos fotovoltaicos nas mais diversas aplicações em lugares sem rede elétrica. O trabalho proposto explorou dois tipos de aplicações desses sistemas que foram: o carregador FV para celular e a luminária de emergência FV.

O protótipo do carregador fotovoltaico proposto é constituído por um circuito eletrônico já conhecido e presente na literatura. Contudo, ao testá-lo foi possível avaliar pequenos problemas existentes em circuito de corrente contínua (cc) acoplado a bateria, como o caso de sobrecarregamento da bateria e a necessidade do uso de resistores de potência para a dissipação térmica. Além disso, foi obtido um sistema com um custo aceitável de R\$ 284,70, mas que pode ser reduzido utilizando outros fornecedores, principalmente, de módulo FV e bateria.

Já para o protótipo da Luminária de Emergência FV foi desenvolvido a partir de uma luminária comercial, analisado sua composição eletrônica e descartado o circuito atual por um capaz de carregar a bateria com módulo FV. Além disso, a introdução do relé no circuito verifica se existe energia elétrica na rede local. Esse projeto teve o custo na parte eletrônica de R\$ 41,70 e pode utilizar o mesmo módulo FV do carregador FV.

Por fim, é possível afirmar que o trabalho proposto conseguiu alcançar o seu principal objetivo de desenvolver protótipos de baixo custo para aplicação em sistemas fotovoltaicos isolados (SFVI). Além disso, conseguiu verificar problemas no circuito do carregador e da luminária que foram otimizados para alcançar a máxima eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS

- Alonso, M.C., García, F.S., Silva, J.P., 2013. Energia Solar Fotovoltaica. Observatório de Energias Renováveis para América Latina e Caribe, ONUDI.
- BBC. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151110_energia_eolica_nordeste_rb>. Acesso em: 17 nov. 2017.
- MME. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias_Renovaveis.html>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- Pinho, J. T, Galdino, M. A., 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPTEL – DTE – CRESESB, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10898: Sistema de iluminação de emergência: Referências. Rio de Janeiro, p. 24. 1998.
- Villalva, M. G., 2015. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações, Érica, 2 ed., São Paulo.

PROTOTYPES OF PHOTOVOLTAIC (PV) CHARGER AND PV EMERGENCY LUMINAIRE

Abstract. *The generation of electric energy in Brazil for many years was in second place. This was verified in 2001 when the Brazilian was forced to rationalize to reduce the risks of blackouts. From that moment, they suggest some investments in the area, being the most relevant, within the scope of isolated photovoltaic system (IPVS), the Luz para Todos program of the federal government. This incentive allowed the installation of IPVS for rural lighting, electric fence, telephony and hydraulic pumps for irrigation. The proposed project has developed low-cost prototypes of a photovoltaic (PV) mobile phone charger and an PV emergency luminaire. The PV charger was based on known circuits and focused on getting a low cost with good reliability. Already in the design of the luminaire, started with an existing one and redone every part of the electronic circuit to achieve the main objectives: to have as a source of energy the PV module and a low cost. Both prototypes were easy to replicate.*

Key words: PV Charger, PV Luminaire and Isolated Photovoltaic Systems.