

UTILIZAÇÃO DE KIT DIDÁTICO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEAMENTO NA DIVULGAÇÃO DO USO DA ENERGIA SOLAR

Arthur Correa da Fonseca – arthureufpa15@gmail.com
André Felipe Pacheco Costa – pacheco_felipe97@hotmail.com
Silmara Castro Sousa – silmaracastro31@gmail.com
Wilson Negrão Macêdo – wnmacedo@ufpa.br
Marcos André Barros Galhardo – galhardo@ufpa.br
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa – cfob@ufpa.br
João Tavares Pinho – jtpinho@ufpa.br
Edinaldo José da Silva Pereira – edinaldojosp@ufpa.br

Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas da Universidade Federal do Pará

Resumo. Este trabalho trata da concepção e utilização de um kit didático de sistema fotovoltaico para bombeamento de água e o emprego de cartilhas impressas em atividades de divulgação de conceitos básicos em energia solar fotovoltaica, tendo como público alvo estudantes do ensino fundamental, médio, técnico, e público não acadêmico. O kit didático desenvolvido é utilizado em exposições a sol real apresentando, por meio de um display LCD, o valor da corrente, tensão e potência gerada em c.c. pelo módulo fotovoltaico utilizado. A apresentação do kit conjuntamente com material de suporte, que descreve de forma simples a teoria e prática do funcionamento do sistema, tem tido uma boa assimilação do público, e as exposições são realizadas em feiras de ciências de escolas públicas ou particulares, congressos, workshops, e em visitas programadas ao GEDAE/UFPA. Ademais, o kit didático foi construído de forma a ser robusto, sem comprometer sua montagem, desmontagem e mobilidade, tornando fácil e prático o seu uso. No período de 2016-2017 o kit didático foi apresentado em várias escolas de Belém, além de visitas ao GEDAE, alcançando um público, em sua maioria, de estudantes do ensino médio que tiveram um primeiro contato com os conhecimentos em energia solar e suas aplicações. Dessa forma, é clara a importância da utilização do kit didático em conjunto com a cartilha impressa no trabalho de divulgação dos conceitos e aplicações da energia solar.

Palavras-chave: Divulgação, Kit Didático, Energia Solar.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar tem um papel importante na expansão da matriz energética brasileira, destacando-se a diversidade de aplicações que dela se utilizam e a capacidade de exploração de possíveis complementaridades com outras formas de energia (Pereira *et al.*, 2017). O aproveitamento do recurso energético solar consiste na conversão de energia emitida pelo Sol em energia térmica ou diretamente em energia elétrica (processo fotovoltaico). O uso de sistemas fotovoltaicos possibilita tanto a utilização em sistemas de geração autônomos, como por exemplo, em comunidades isoladas, onde a rede elétrica convencional não é disponível, como em sistemas conectados à rede elétrica convencional, a exemplo de sistemas de micro e minigeração distribuída instalados em prédios residenciais e comerciais, produzindo energia elétrica para consumo próprio e injetando o excedente na rede de distribuição.

É comum em comunidades rurais a ausência de serviços básicos essenciais como energia elétrica, água potável e esgoto. Tendo em vista que a agricultura e a criação de animais, como o gado, são fontes de sobrevivência para grande parcela dos habitantes da zona rural no mundo. Assim, é possível concluir a necessidade de tecnologias que auxiliem na vida dos moradores da zona rural, destacando que a água é o maior fator limitante para essas formas produção (Valer, L. R., 2011). É importante destacar, também, a dificuldade da utilização da água em comunidades ribeirinhas da Amazônia, onde o trabalho de reposição deste bem para consumo doméstico é feito, na maioria das vezes, de forma manual pelos moradores (Santos, W. S., 2016). Dessa forma, sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água surgem como uma solução alternativa e possuem crescente relevância ao atendimento de populações em localidades onde a rede elétrica convencional não é disponível. É comum, nessas localidades, a aplicação de sistemas fotovoltaicos para bombeamento com acoplamento direto, ou seja, sem baterias (Maranhão, G. N. A., 2015).

A utilização de um kit didático, que exemplifique o funcionamento de sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água, em conjunto com materiais de divulgação, facilita um primeiro contato dos estudantes, em sua maioria do ensino fundamental e médio, com os conhecimentos básicos nessa área. No entanto, as apresentações, em geral, abrangem um público bem diversificado, passando pelo ensino básico, secundário, e público não acadêmico, adotando-se uma metodologia de apresentação direcionada para cada público em particular. Dessa forma, no presente trabalho, busca-se introduzir os benefícios das aplicações das energias renováveis em diversas escalas, com ênfase na energia solar aplicada ao bombeamento de água por meio de sistema fotovoltaico.

2. DESCRIÇÃO DO KIT DIDÁTICO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEAMENTO E MATERIAL DE APOIO

O *kit* de sistema fotovoltaico para bombeamento de água, utilizado nas apresentações, foi idealizado e construído no Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas da Universidade Federal do Pará (GEDAE/UFPa), como visto em Fonseca *et al.* (2016), onde passou por algumas etapas, tais como: Projeto, construção estrutural, e fabricação da placa de circuito impresso (PCI) para leitura dos parâmetros elétricos. É interessante destacar, durante a construção estrutural, a necessidade de que fosse um *kit* simples de transportar.

Em Torres *et al.* (2016) é apresentado a utilização de uma bancada didática itinerante. Assim, o *kit*, desde seu início, foi construído de forma a apresentar essa característica, facilitando seu transporte para escolas ou qualquer outro local externo ao GEDAE.

A PCI assim como em Carvalho (2015), fez uso de materiais de baixo custo para medição de parâmetros elétricos, utilizando sensores do microcontrolador ATMEGA 328 na placa Arduino - uma plataforma simples e econômica para projetos de monitoração.

Em Neves *et al.* (2014) é mostrada a utilização do *kit* didático desde 2010 pelo GEDAE de forma mais robusta com amperímetro analógico para atividades na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia realizada em Brasília. Dessa forma, o *kit* didático de sistema fotovoltaico para bombeamento atual é uma revitalização que inclui melhorias como a inserção de um *display* LCD para exibição de informações de parâmetros elétricos em tempo real e uma estrutura mais compacta para a facilidade no transporte.

Para a construção do *kit* didático atual foi utilizado um módulo fotovoltaico, uma minibomba hidráulica 12 V c.c., além dos componentes eletrônicos que constituem a PCI. Fez-se uma conexão direta do módulo fotovoltaico com a carga, nesse caso a minibomba hidráulica c.c., o que dispensou o uso de inversor. A Fig. 1 mostra o diagrama de blocos do *kit*, onde a minibomba hidráulica faz o bombeamento de água do reservatório para caixa d'água e posteriormente irriga a horta, simulando uma aplicação onde é utilizada a geração fotovoltaica para irrigação e/ou utilização residencial.

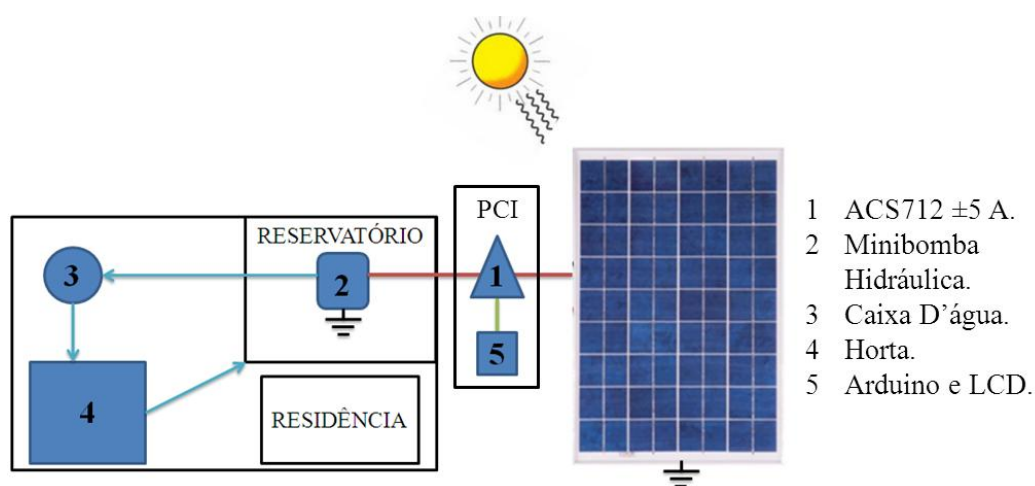


Figura 1- Diagrama de blocos do *kit*.

A PCI é constituída por um sensor de corrente ACS712, com fator de escala de 185 mV por ampère e faixa de medição de -5 a +5 A, para leitura da corrente c.c gerada pelo módulo fotovoltaico. A calibração do valor de corrente foi realizada por meio de uma curva obtida em ensaio (tensão lida pelo microcontrolador x corrente real) com o *kit* em funcionamento (suprimindo a minibomba) utilizando essencialmente um multímetro FLUKE 106 com erro de 1,5% no valor de leitura da corrente real. Para leitura do valor de tensão produzida pelo módulo fotovoltaico, empregou-se um divisor de tensão. Para a aquisição dos sinais correspondentes à tensão e corrente do módulo fotovoltaico utilizou-se o microcontrolador ATMEGA328 por meio da plataforma Arduino Pro Mini. Todos os dados são processados, por meio de uma programação em C/C+, e visualizados por meio de um mostrador LCD 20x4. Dessa forma, é possível observar o valor da corrente (I), da tensão (V), e da potência ativa (P) em tempo real. A Fig. 2 mostra o esquema básico dos componentes eletrônicos.

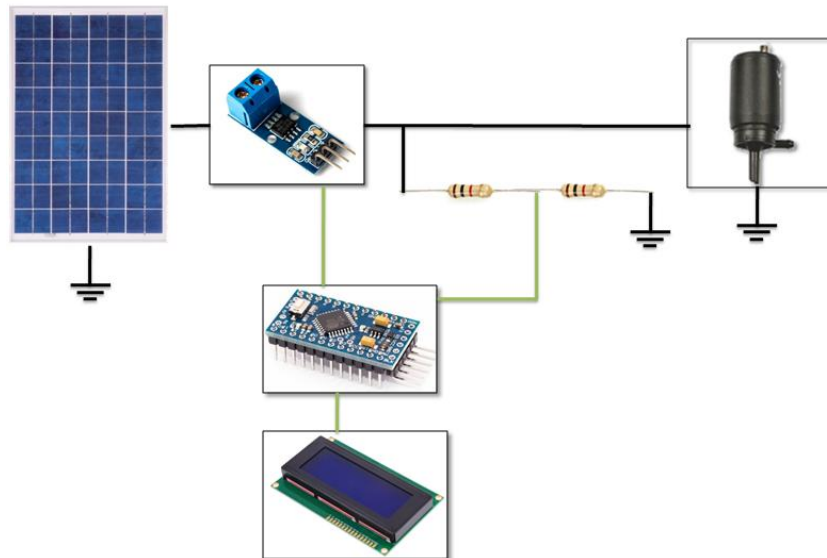


Figura 2- Componentes do sistema de bombeamento.

O *kit* tem, essencialmente, acrílico transparente (4 mm de espessura) como componente estrutural, com o intuito de proporcionar uma visão mais didática do fluxo de água. O baixo custo, também, é uma das características do *kit*, sendo seu investimento em torno de R\$ 800,00, levando em conta todos os componentes e materiais adquiridos, mas excluindo a mão de obra. A Fig. 3 mostra o *kit* didático constituente do sistema fotovoltaico para bombeamento de água. Para alimentação da minibomba hidráulica 12 V c.c. é utilizado um módulo fotovoltaico do fabricante *Yingli*, modelo YL022P-17b-1/7 (22 Wp), com dimensões de 360 mm x 480 mm x 25 mm (comprimento, altura, largura). A Fig. 4 mostra as informações que podem ser observadas no mostrador LCD. Neste caso, em duas situações diferentes de operação e ajuste de luz de fundo.

O *kit* de sistema fotovoltaico para bombeamento de água possibilita mostrar os efeitos do sombreamento tanto no desempenho do gerador fotovoltaico, quanto no funcionamento da minibomba hidráulica.

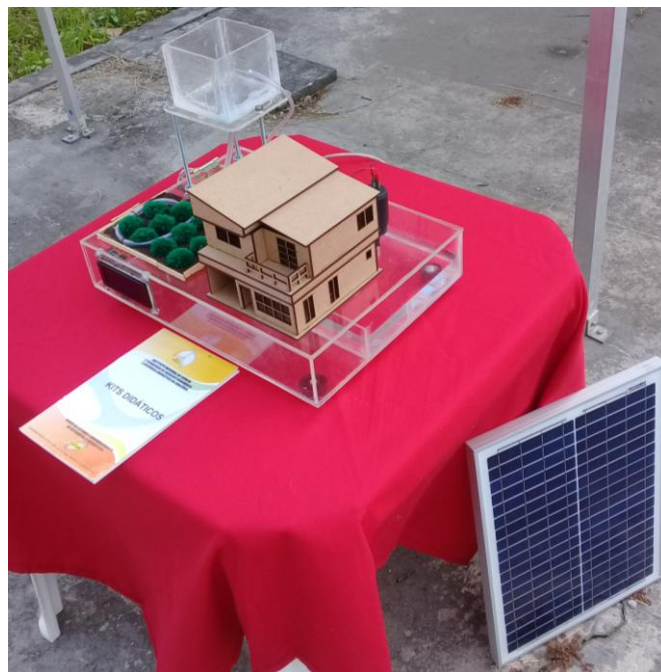


Figura 3- *Kit* didático de bombeamento fotovoltaico.



Figura 4- Mostrador LCD do *kit* didático de bombeamento fotovoltaico.

Em situações onde a apresentação do *kit* ocorre fora do laboratório do GEDAE, o transporte é feito com a utilização de maletas, como visto na Fig. 5. Dessa forma, o *kit* foi construído com dimensões que coubessem em duas maletas de 300 mm x 400 mm x 90 mm (comprimento, altura e espessura de cada maleta, respectivamente).

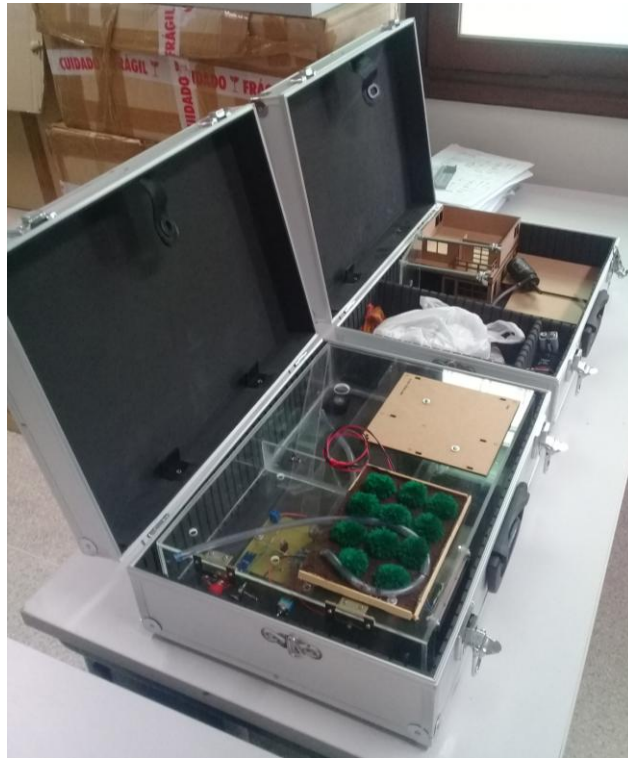


Figura 5- Transporte do *kit*.

As cartilhas impressas também fazem parte do conjunto didático apresentado ao público. De forma geral, as cartilhas possuem as informações a cerca do funcionamento do *kit* didático e como manipulá-lo, além de proporcionarem um material de apoio aos ouvintes durante a apresentação. A Fig. 6 mostra o *layout* da cartilha.

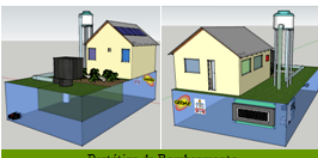
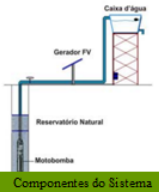
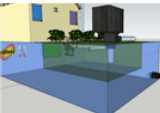
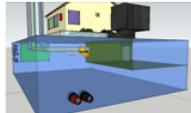
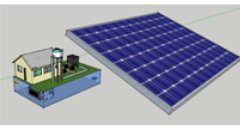
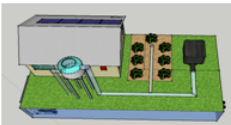
BOMBEAMENTO SOLAR	
<p>OBJETIVO Demonstrar, de forma prática, o aproveitamento da energia solar para bombeamento de água em localidades afastadas ou nos centros urbanos.</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Protótipo de Bombeamento</p>
<p>O QUE É?</p> <p>O bombeamento de água por meio do aproveitamento da energia solar utiliza um gerador fotovoltaico (FV) acoplado a um conjunto motobomba.</p> <p>A luz do sol incidente sobre o gerador FV é convertida em eletricidade e transferida ao conjunto motobomba que, em funcionamento, eleva a água de um reservatório natural (rios ou poços artesianos, por exemplo) a outro reservatório, normalmente caixa d'água.</p>	<p>A luz que incide sobre o módulo fotovoltaico gera uma corrente elétrica que é transmitida à motobomba por meio de cabos de conexão. Quanto maior a incidência de luz, maior é a corrente gerada e, portanto, maior a quantidade de água bombeada.</p> <p>O posicionamento do gerador fotovoltaico influencia diretamente no bombeamento da água. Deve-se buscar para o mesmo, um ângulo de inclinação e uma orientação mais adequada, de modo que resulte em uma maior eficiência no processo e, conseqüentemente, maior volume de água bombeada.</p>
<p>COMPONENTES BÁSICOS</p> <p>O <i>kit</i> é composto por uma caixa d'água, um gerador fotovoltaico, um reservatório natural e uma motobomba.</p> <p>Elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protótipo do sistema de bombeamento (motobomba; reservatório natural; caixa d'água; leitura dos parâmetros elétricos) • Módulo fotovoltaico • Cabos de conexão: vermelho (+) e preto (-) 	<p style="text-align: right;">COMO USAR?</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Componentes do Sistema</p>
<p>COMO FUNCIONA?</p> <p>O experimento deve ser feito utilizando a luz do sol ou uma iluminação artificial, por meio de refletores, que forneçam a energia necessária para sensibilização do gerador fotovoltaico e conseqüentemente o funcionamento da motobomba. Inicialmente é necessário que o reservatório inferior esteja cheio para que a motobomba possa funcionar.</p>	 <p>1) Encher o reservatório inferior</p>  <p>2) Em seguida, conectar os dois cabos do módulo fotovoltaico ao Kit de bombeamento solar, observando as polaridades.</p>  <p>3) Realizada as conexões, o próximo passo é expor o gerador FV à luz natural ou artificial.</p>  <p>4) Iniciado o bombeamento, deve-se aguardar até que o reservatório superior se encha de água e que o fluxo contínuo de bombeamento seja iniciado.</p>

Figura 6- Cartilha impressa.

3. METODOLOGIA DAS APRESENTAÇÕES

Uma metodologia específica de apresentação é utilizada para cada público, conforme descrito a seguir.

3.1 Ensino Infantil

É muito comum que o GEDAE seja convidado para eventos nos quais a quantidade de pessoas em idade na faixa do ensino infantil é expressiva. Assim, foi necessário elaborar um plano de exposição no qual o tema em energia solar fosse abordado de uma forma básica e didática, auxiliando na compreensão por parte das crianças que estejam acompanhando a exposição.

Inicialmente, é mostrado que a energia proveniente do Sol consegue fazer a minibomba hidráulica funcionar, instigando a curiosidade do público. Posteriormente é explicado que o módulo fotovoltaico faz a conversão da energia solar em energia elétrica. Por fim, destaca-se como a energia fotovoltaica pode ser usada no cotidiano, incutindo ideia de sustentabilidade nas crianças e, conseqüentemente, também nos pais e professores que se fizerem presentes.

3.2 Ensino Fundamental

Nas apresentações direcionadas a alunos do ensino fundamental, há um maior aprofundamento, levando em conta seu grau escolar.

Apresentam-se conceitos, principalmente os relacionados à sustentabilidade e à consciência ambiental, já que nessa idade é imprescindível a consolidação de tais ideias. Ressalta-se ainda que uma mudança de valores e de comportamentos ambientais é necessária para a reversão do crescente quadro de degradação ecológica. Nessas exposições, mostram-se as matrizes energéticas mundiais, apontando a contribuição, ainda restrita, das fontes renováveis de energia, dando maior enfoque para a geração fotovoltaica.

Além disso, é possível falar das diversas aplicações desse tipo de geração, e, utilizando o *kit* didático de bombeamento, mostra-se de forma prática uma possibilidade de aplicação da energia solar fotovoltaica.

3.3 Ensino Médio e/ou Técnico

Quando a exposição tem como público alvo alunos do ensino médio e/ou técnico, há a possibilidade de uma ampliação dos conceitos a serem expostos, tendo em mente que os ouvintes já possuem melhor conhecimento das ciências, além de terem uma maior consciência ambiental proporcionada pelas escolas.

Assim, aborda-se, ainda que de modo simples, a física da geração fotovoltaica, mostrando o processo do efeito fotovoltaico. Essas e outras informações têm como principal objetivo manter a atenção do público na apresentação,

associando o conhecimento científico com o cotidiano. São mostrados também, por meio do mostrador LCD, os valores de corrente, tensão, potência, e as variações dos parâmetros elétricos e no volume bombeado em caso de sombreamento ou inclinação do módulo fotovoltaico.

Além disso, conceitos técnicos sobre os sistemas fotovoltaicos, são detalhados para os estudantes. Nesta parte, são repassadas informações de potência dos módulos fotovoltaicos, eficiência de transformação da energia solar em energia elétrica, bem como a explicação básica da instalação de sistemas fotovoltaicos do tipo *Off-Grid* (isolado da rede) e *Grid-Tie* (conectados à rede elétrica), suas convenções e procedimentos legais para instalação.

3.4 Público Não Acadêmico

Nas palestras e exposições, é muito comum a presença de pais e/ou responsáveis pelos estudantes, assim como interessados em geração de eletricidade e usuários de sistemas fotovoltaicos. Dessa forma, buscou-se planejar um tipo de apresentação direcionada para esse público, mostrando dados e informações específicas que atraíam a sua atenção.

Geralmente, esse grupo possui interesse na segurança da aplicação de sistemas fotovoltaicos em edificações, o custo de implantação e a garantia de funcionamento por um longo período. Portanto, a apresentação para esse público alvo sempre procura facilitar a compreensão dessas informações que são, de certa forma, inacessíveis ao grupo.

4. APRESENTAÇÕES NO PERÍODO DE 2016-2017

No período de outubro/2016 a novembro/2017, o projeto de divulgação dos conhecimentos em energia solar por meio de *kits* didáticos teve ativa participação em feiras de ciências, feiras vocacionais, feiras culturais, e até mesmo em visitas realizadas no próprio prédio do GEDAE localizado no Campus Guamá da UFPA em Belém/PA. Durante as apresentações é feita uma lista de assinatura com intuito de obter a quantidade de estudantes alcançados. Assim, foi obtida uma média de 50 (cinquenta) estudantes por apresentação de um total de 10 apresentações. É importante destacar o *feedback* positivo recebido do público que assiste a uma apresentação, com ênfase na construção de mais *kit* didáticos que mostrem mais aplicações da energia solar. A seguir destacam-se algumas apresentações realizadas.

A Fig. 7 mostra uma visita realizada ao prédio do GEDAE no mês de setembro de 2017 pelos estudantes do terceiro ano do ensino médio da Escola de Ensino Fundamental e Médio (EEFM) Padre Luiz Gonzaga da cidade de Bragança/PA, distante cerca de 220 km da cidade de Belém. A apresentação ocorreu na área de testes, localizada na parte de trás do prédio, e teve como público alvo estudantes do ensino médio e professores.



Figura 7- Apresentação para EEFM Padre Luiz Gonzaga de Bragança PA.

A Fig. 8 mostra uma visita realizada ao GEDAE no mês de agosto de 2017, pela equipe da TV Liberal (afiliada da Rede Globo) para o programa Liberal Comunidade, celebrando os 60 anos da UFPA. Nesse dia, foi mostrado o *kit* didático de sistema fotovoltaico para bombeamento e um *kit* de sistema fotovoltaico autônomo suprindo lâmpadas.



Figura 8- *Kit* de bombeamento na gravação para o programa Liberal Comunidade.

A Fig. 9 mostra a participação do GEDAE na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) realizada no ano de 2016 em várias escolas públicas da região de Belém. Para essa apresentação, ainda foi utilizado o antigo *kit* didático de bombeamento fotovoltaico. As apresentações que ocorreram na SNCT tiveram como público alvo estudantes do ensino fundamental e médio, incluindo pais e responsáveis.



Figura 9- Participação do GEDAE na SNCT/2016.

De forma geral, as apresentações ocorridas foram de grande relevância para o projeto de divulgação dos conceitos e aplicações da energia solar, abrangendo um público diverso e foco do trabalho.

5. CONCLUSÃO

O *kit* didático de bombeamento fotovoltaico desenvolvido em conjunto com a cartilha impressa, vem tendo um alcance considerável, destacando-se também a facilidade de transporte e de montagem do *kit* nos locais de apresentação, cumprindo-se a meta de divulgar algumas aplicações e conceitos básicos da energia solar fotovoltaica. Esta iniciativa colabora com a inserção, especialmente de jovens em idade escolar, na discussão sobre o uso dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente. Sempre que os conceitos apresentados em sala de aula são visualizados no cotidiano dos estudantes, o interesse destes aumenta e a assimilação das informações torna-se mais fácil e agradável. Dessa forma, a ação de levar os conceitos das energias renováveis às escolas e sociedade, é de grande valor e precisa ser apoiada através da introdução prática de cada uma delas.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio do programa PROINT 2016-2017 da Universidade Federal do Pará (Programa Integrado de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão), no âmbito do projeto intitulado “Confecção e uso de cartilhas, software e kits didáticos na área de Energias Renováveis, com foco nas ações complementares e extensionistas junto a escolas de ensino médio e fundamental”.

REFERÊNCIAS

- Carvalho, L., 2015. Desenvolvimento de Um Sistema de Monitoração Para Avaliação de Desempenho Operacional de Um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede de Baixa Tensão. Tese de Graduação. UFPA, Belém.
- Fonseca, A. C., Pacheco A. F., Ribeiro, A. R., Monteiro, A. L., Barbosa, C. F. O., Pereira, E. J. S., 2016. Desenvolvimento e Divulgação de Kits Didáticos na Área de Energia Fotovoltaica, XLIV COBENGE – XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Natal.
- Maranhão, G. N. A., 2015. Controlador Fuzzy Para Uso em Conversores de Frequência Aplicados a Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento. Tese de Doutorado. UFPA, Belém.
- Neves, M. A., Pinho, J. T., Galhardo, Marcos., Pontes, S. S. N., Vireira, J. P. A., 2014. Metodologia Para Inserção de Conceitos Sobre Fontes Renováveis de Energia e Eficiência Energética Nos Currículos do Ensino Básico, V CBENS – V Congresso Brasileiro de Energia Solar, Recife.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Gonçalves A. R., Costa, R. S., Lima, Franco J. L., Rüther, R., Abreu, Samuel L., Tiêpolo, G. M., Souza, J. G., Pereira, S. V., Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. Ed. São José dos Campos: INPE, 2017. V. 1. 84p.
- Torres, P. F., Costa, A. F. P., Galhardo, M. A. P., Pinho, João T., Macêdo, Wilson N., 2016. Desenvolvimento de Bancada Didática Para Demonstração da Conexão e Operação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica de Baixa Tensão, VI CBENS – VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte.
- Valer, L. R., 2011. A Utilização de Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento Para Irrigação em Pequenas Propriedades Rurais. Tese de Mestrado. USP, São Paulo.
- Santos, W. S., 2016. Desenvolvimento de um Conversor de Frequência Para Aplicação Específica em Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento de Água. Tese de Doutorado. UFPA, Belém.

UTILIZATION OF AN EDUCATIONAL KIT OF PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEM FOR THE DISSEMINATION OF THE USE OF SOLAR ENERGY

Abstract. *This paper deals with the design and use of an educational kit of photovoltaic system for pumping water and the use of booklets in activities of basic concepts in photovoltaic solar energy, having as target students group in elementary, middle, technical and non-academic public. The educational kit developed is used in the real Sun exhibition showing, through an LCD display, the value of the current, voltage and power generated by the PV module used in DC. The kit presentation and the support material describe in a simple way the theory and practice of system operation, and can offer a good understanding to the public, and the exhibition are held in science fairs public or private schools, congresses, workshops, and programmed visits to GEDAE/UFPA. Furthermore, the educational kit was built to be robust, without compromising its assembly, disassembly and mobility, making it easy and practical its manipulation. In 2016-2017 periods, educational kit was presented in several schools of Belém and other visits to GEDAE, reaching an public, in your most, high school students who have had a first contact with the knowledge of solar energy and its application. Thus, it is clear the importance of the use of the educational kit together the booklets on work of dissemination of the concepts and applications of solar energy.*

Keywords: *Disclosure, Educational Kit, Solar Energy.*