

DESENVOLVIMENTO DE CURSOS DE EXTENSÃO FOTOVOLTAICOS PARA O ENSINO MÉDIO NA FACULDADE DE ENGENHARIA DE SOROCABA

Thales Prini Franchi – thales.prini@facens.br

Thiago Prini Franchi – thiago.prini@facens.br

Joel Rocha Pinto – joel.rocha@facens.br

Alessandro Bogila – alessandro.bogila@facens.br

Denis Borg – denis.borg@facens.br

Fernando Deluno Garcia – fernando.garcia@facens.br

Faculdade de Engenharia de Sorocaba, Engenharia Elétrica

Rodovia Senador José Ermírio de Moraes, 1425 – Alto da Boa Vista

CEP: 18087-125 – Sorocaba – SP

Resumo: A utilização de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica é uma das formas de geração de energia limpa e renovável mais promissora no momento, pois estes utilizam um bem abundante e gratuito no planeta que é o Sol. No entanto, a implantação do sistema fotovoltaico para a geração de energia elétrica para a sociedade, utilizando a instalação nos telhados das residências, ainda geram diversas controvérsias, pois por ser uma tecnologia em ascensão no país acaba acarretando falta de informações sobre seu funcionamento e alto custo de implementação do sistema, o que gera dificuldades para a sua aplicabilidade. As alternativas para a disseminação dessa tecnologia passam por diversas formas de incentivos do governo para a sua utilização e até cursos voltados para esta área. Pensando nesse cenário a Faculdade de Engenharia de Sorocaba (Facens) desenvolveu cursos de extensão de excelência voltados para a energia solar fotovoltaica e dentre eles está presente um programa gratuito de cursos destinados para escolas do ensino médio, onde neste curso proposto o aluno será capaz de compreender o princípio de funcionamento de módulos fotovoltaicos e entender o estado da arte de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica da concessionária. E para atender a demanda energética, a Facens instalou em seu campus dois sistemas fotovoltaicos, sendo um conectado à rede elétrica da concessionária local com potência de 61,74 kWp e outro de 2,195 kWp desconectado da mesma. Ambos os sistemas, com suas diferentes características construtivas, funcionais e operacionais são utilizadas nas aulas práticas do curso.

Palavras-chave: Fotovoltaico. Curso de Extensão. Energia Elétrica.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de energia elétrica no país e a escassez de recursos hídricos para projetos de novas hidrelétricas, ocorre a necessidade de buscar novas fontes de energia, principalmente as limpas e renováveis como a eólica, fotovoltaica biomassa e geotérmica (ALVES et al, 2015).

Devido ao território brasileiro possuir grande incidência solar, a energia fotovoltaica se torna uma forte opção de utilização para geração de energia elétrica. No entanto, a sua participação na matriz energética brasileira é muito pequena devido aos incentivos públicos e regulamentações perante às concessionárias de energia elétrica serem recentes (RELLA, 2017).

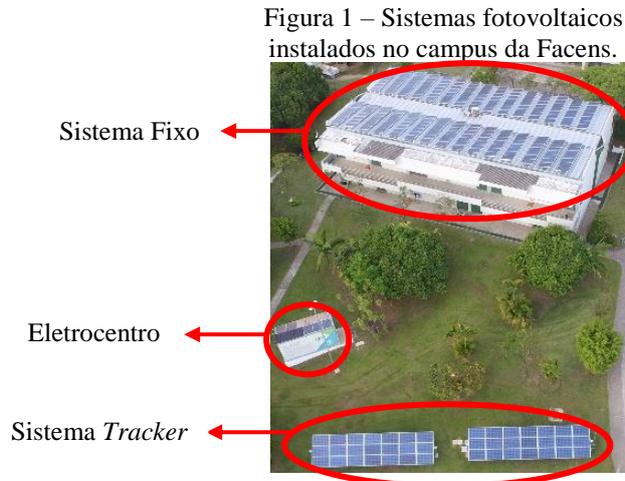
As instalações de sistemas fotovoltaicos tendem a crescer no âmbito nacional, onde segundo a BlueSol, até março de 2018 o Brasil possuía 20.897 instalações fotovoltaicas e a previsão para 2024 será de aproximadamente 887 mil sistemas fotovoltaicos instalados (BLUESOL, 2018).

Diante deste cenário é inevitável que a mão de obra para projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos sejam de excelência, e para tal, a Facens procurou se aprimorar neste contexto oferecendo cursos de extensão para seus alunos e para o público externo. Nestes cursos são apresentados o contexto de funcionamento e projeto com constantes atualizações no cenário energético do país, propiciando o melhor aprendizado para o aluno.

Os cursos desenvolvidos pela Facens para ofertar aos seus alunos e a sociedade são:

- **Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações:** São cursos voltados para o público de escolas de ensino médio, onde possui a duração de 4 horas e é apresentado uma introdução do princípio de funcionamento de células, módulos fotovoltaicos e noções de funcionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.
- **Introdução à Energia Solar Fotovoltaica:** É um curso de 16 horas voltado para o estado da arte de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica da concessionária e dos sistemas não conectados à rede elétrica. Também é apresentado a forma de dimensionamento de cada elemento que compõe os sistemas apresentados no curso.
- **Curso de Projeto Fotovoltaico:** Também é um curso de 16 horas de duração, onde é abordado o projeto de um sistema fotovoltaico, com dimensionamento de módulos, inversores, condutores, proteções e a documentação que deve ser apresentada à concessionária de energia para a aprovação do projeto.

Além dos cursos acima ofertados a Facens possui em seu campus dois sistemas fotovoltaicos instalados, onde são denominados de sistema *Grid-Tie* (conectado à rede elétrica da concessionária) e o sistema *Off-grid* (desconectado da rede elétrica da concessionária). A Figura 1 ilustra os sistemas fotovoltaicos instalados no campus.



O sistema *Grid-Tie* possui potência de 61,74 kWp, que também é dividido no sistema fixo, com potência de 51,45 kWp, instalado no telhado do prédio D e no sistema *Tracker* (rastreador do Sol) de potência de 10,29 kWp, que se encontra instalado no solo e em frente ao prédio D. Esses sistemas são utilizados para gerar economia na conta de energia da instituição e para a realização de estudos acadêmicos. A disposição deste sistema pode ser visualizada pelas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Sistema Fotovoltaico Grid-Tie - Fixo.



Figura 3 - Sistema Fotovoltaico Grid-Tie - Tracker.



Outro sistema instalado no campus é um sistema *Off-Grid* (desconectado da rede elétrica da concessionária) de potência de 2,195 kWp que é utilizado para iluminação externa do andar inferior do prédio D (prédio do Laboratório de Elétrica e Mecatrônica). A disposição desse sistema pode ser visualizada na Figura 1, que está instalado em cima do eletrocentro e entre os sistemas fixo e *tracker*.

Ambos os sistemas são utilizados em disciplinas de graduação do curso de Engenharia Elétrica, estudos acadêmicos como trabalhos de conclusão de curso e iniciações científicas e também para visitas técnicas de escolas da região para conhecer um sistema fotovoltaico aplicado.

Abaixo está detalhado o curso de Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações.

2 CURSO DE EXTENSÃO GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

Esse curso de extensão é um programa totalmente gratuito criado pela Facens em especial para escolas do ensino médio, onde o propósito do mesmo é apresentar para a sociedade os principais tipos de fontes de energias renováveis existentes. No entanto, o foco principal deste curso é destinado para práticas voltadas para a energia fotovoltaica.

O curso é desenvolvido em uma sala do Laboratório de Elétrica que possui oito bancadas e com capacidade para atender 32 alunos. No entanto, para o melhor aprendizado o número de alunos por turma de cada curso é limitado em 16 (separados em duplas), pois na parte prática é importante e necessário o trabalho de duplas para o desenvolvimento e coleta de dados do experimento.

O conteúdo do curso é composto por apresentação dos principais tipos de fontes renováveis de energia elétrica, princípios de funcionamento de células e módulos fotovoltaicos, uma breve explanação de sistemas fotovoltaicos conectados e não conectados à rede elétrica da concessionária de energia elétrica local e por fim uma visita às instalações dos sistemas fotovoltaicos instalados no campus da instituição.

Esses cursos possuem quatro horas de duração e ocorrem no período da tarde e aos sábados, possibilitando dessa forma que os alunos possam participar do curso sem prejudicar as atividades acadêmicas na sua escola de origem.

2.1 Concepção do curso

O conteúdo do curso foi desenvolvido para que o público alvo, alunos do ensino médio, sejam capazes de absorverem os temas propostos, mostrando de forma didática, com animações e imagens os principais tópicos do curso. O conteúdo do mesmo foi dividido da seguinte forma:

- Introdução;
- Fontes de Energias Alternativas;
- Energia Solar Fotovoltaica;
- Tipos de Células e Módulos Fotovoltaicos e Formas de Fabricação;
- Parte Prática – Levantamento de Curvas de Células e Módulos Fotovoltaicos;
- Explicação de um Sistema Conectado a Rede Elétrica da Concessionária;
- Visita às Instalações Fotovoltaicas no Campus.

O curso foi formatado para ser ministrado em duas frentes, onde a primeira é uma parte teórica com duração de aproximadamente duas horas e a segunda etapa é totalmente prática com duração também de duas horas, onde os alunos utilizam kits didáticos que na concepção da instituição são necessários para a realização dos experimentos.

O curso inicia-se com uma breve introdução que visa basicamente ilustrar ao aluno o cenário energético brasileiro atual, mostrando a composição da matriz energética do país e evidenciando principalmente a pequena parcela que as fontes de energias fotovoltaicas representam hoje ao Brasil e sua importância para o futuro. Também são apresentados e explicados os princípios de funcionamento das principais fontes de energias renováveis que podem ser utilizadas para geração de energia elétrica, como a hídrica, solar térmica, eólica, oceânica, biomassa e solar fotovoltaica.

É apresentado também aos alunos usinas fotovoltaicas instaladas no Brasil, como o estádio do Mineirão, usina de Tanquinho em Campinas, usina de Tauá no Ceará, usina de Tubarão em Santa Catarina, usina de Bom Jesus da Lapa na Bahia, a micro usina da Facens em Sorocaba e instalações de sistema fotovoltaicos em residências.

Outro ponto muito importante abordado é o processo de fabricação das células fotovoltaicas monocristalina e policristalina juntamente com a composição de um módulo fotovoltaico para aplicação em sistemas fotovoltaicos.

Na parte experimental os alunos têm a incumbência de levantar a curva característica de corrente por tensão e potência por tensão de uma célula fotovoltaica e dos tipos de associações série e paralela entre duas células fotovoltaicas, também é proposto o levantamento das curvas características de um módulo fotovoltaico de 10 Wp mono e policristalino para evidenciar as diferenças entre as duas tecnologias.

É realizada também uma visita as instalações fotovoltaicas da Facens onde os alunos podem visualizar a instalação de um sistema fotovoltaico real que possui as configurações fixa e rastreador do Sol.

2.2 Kits didáticos

Para a realização da parte prática do curso é utilizado um kit didático que pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Kit didático para desenvolvimento do curso.



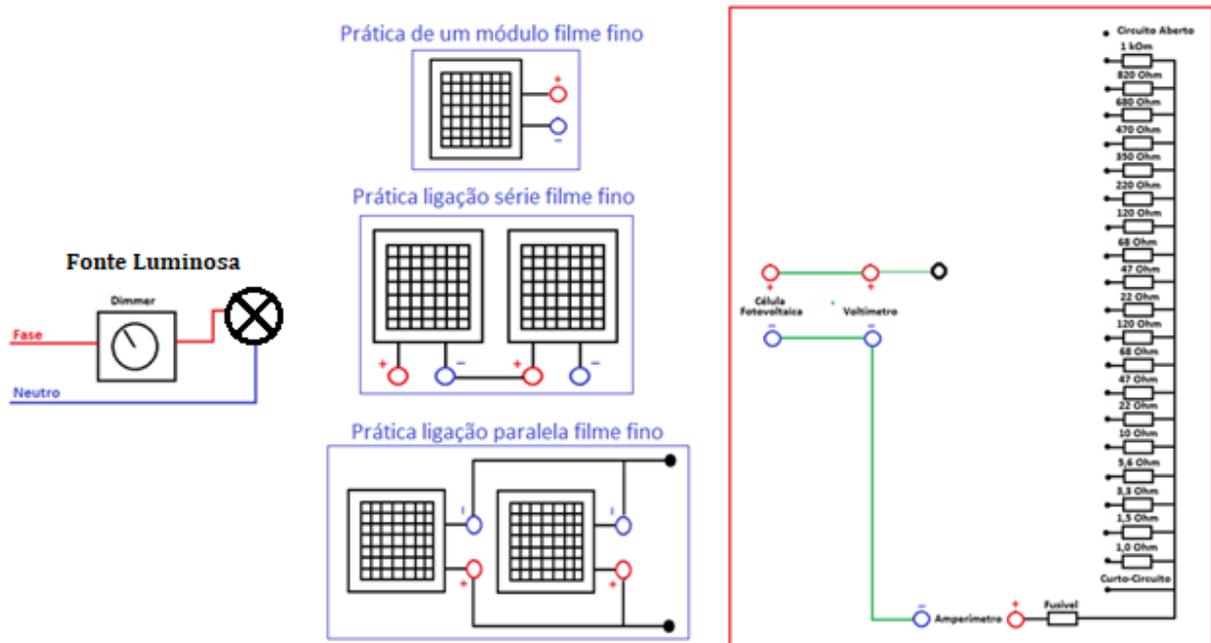
Neste kit, alguns itens foram desenvolvidos dentro da instituição para atender especialmente o curso, como a placa de carga de resistores, as caixas para alocar os pequenos módulos fotovoltaicos e o suporte de fixação das luminárias que simulam a fonte de energia solar. A Facens possui em seu campus um FabLab, que é um laboratório de prototipagem, e foi utilizado os recursos da cortadora a laser e da *router* para completar os kits didáticos. Ao todo foram desenvolvidos oito kits para atender o curso.

2.3 Procedimento experimental

Na parte prática do curso os alunos realizam a montagem dos experimentos com o auxílio do professor. Inicialmente os alunos realizam o procedimento experimental das células fotovoltaicas de filme fino.

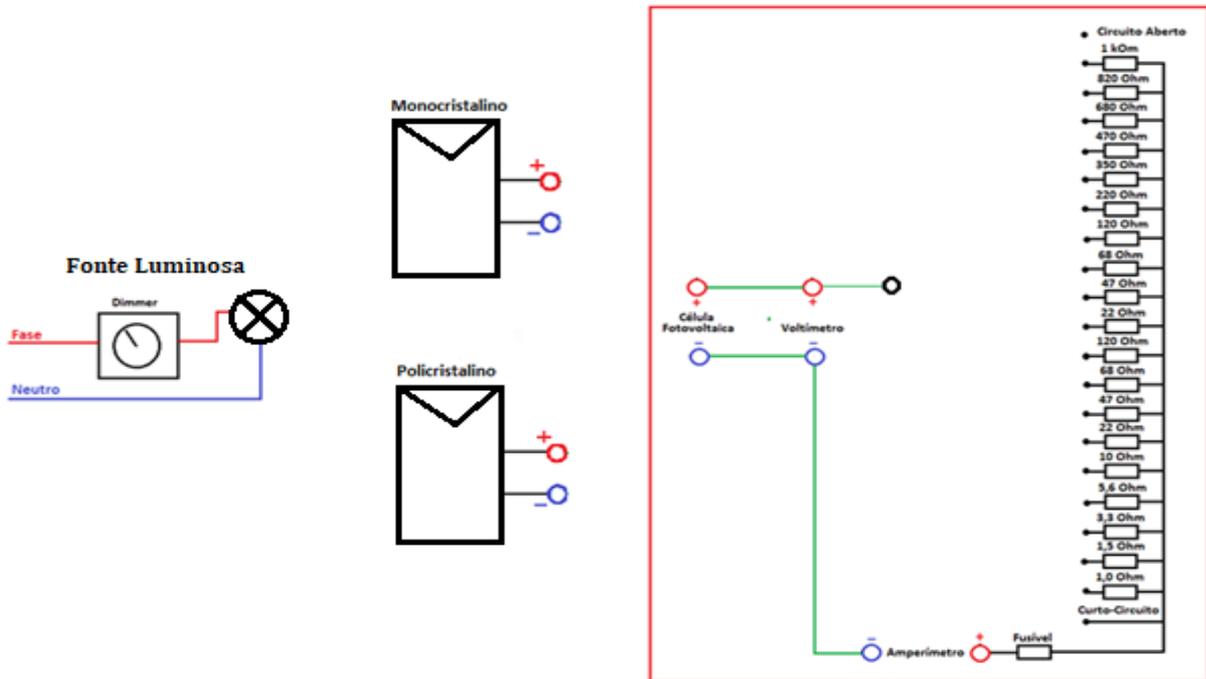
O objetivo neste experimento é realizar o levantamento das curvas características de corrente por tensão e de potência por tensão de uma célula e de uma associação série e paralela de duas células fotovoltaicas, conforme podem ser visto na Figura 5 (PEREIRA, 2011). Para isso, o aluno ajusta a fonte de luz para a intensidade máxima e mantém ela fixa, logo após ser realizada a alteração dos valores dos resistores na placa de carga, anota-se os resultados do voltímetro e do amperímetro em uma tabela para posteriormente montar os gráficos correspondentes.

Figura 5 – Esquema de montagem das células de filme fino.



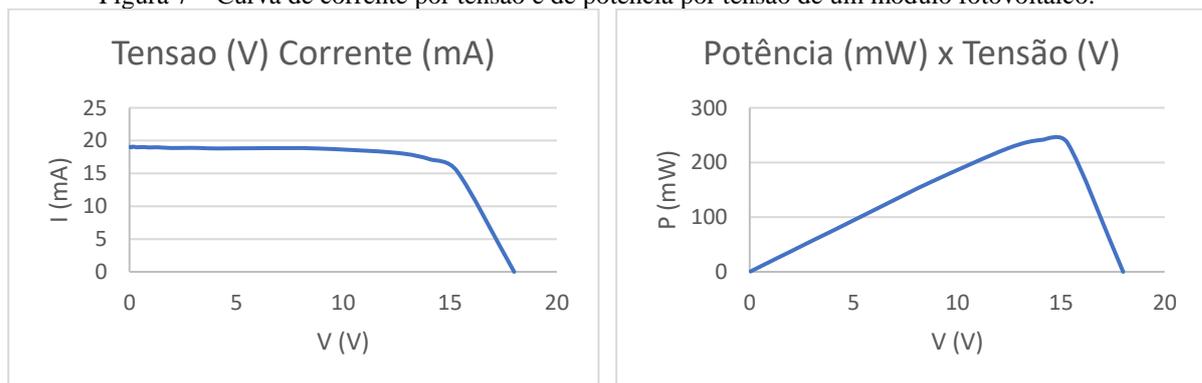
Posteriormente os alunos estudarão o comportamento de dois módulos fotovoltaicos de potência de 10 Wp cada, sendo um mono e o outro policristalino. O esquema de ligação desta parte pode ser visualizado pela Figura 6. O procedimento experimental é o mesmo do de filme fino.

Figura 6 – Esquema de montagem de um módulo mono e policristalino.



Nestes dois procedimentos experimentais espera-se que os alunos desenvolvam as curvas características dos módulos fotovoltaicos, um exemplo de coleta de dados do experimento pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Curva de corrente por tensão e de potência por tensão de um módulo fotovoltaico.



Com essas curvas é explicado aos alunos os pontos de circuito aberto, corrente de curto-circuito e ponto de máxima potência de uma célula ou módulo fotovoltaico estudado. Também é explanado nos experimentos onde o inversor fotovoltaico trabalha no seu melhor rendimento, que é nas proximidades do ponto de máxima potência da associação dos módulos fotovoltaicos.

2.4 Visita em uma instalação fotovoltaica real

Após a realização da parte teórica e dos procedimentos experimentais os alunos realizam uma visita aos sistemas fotovoltaicos instalados no campus. A visita começa pelo prédio C ao lado do prédio D, pois no último andar possui a vista para o sistema fixo. Neste cenário os

alunos podem ver como está a configuração da disposição dos módulos fotovoltaicos e quais módulos representam cada entrada dos inversores fotovoltaicos.

Logo após, os alunos visitam o sistema rastreador solar, onde é explanado o seu mecanismo de funcionamento, o sistema de monitoramento da posição dos módulos fotovoltaicos e seu sistema de segurança contra ventos de alta velocidade.

E por fim, os alunos visitam o eletrocentro (abrigo dos inversores fotovoltaicos) onde é aberta a porta de visita para visualização dos componentes instalados e é onde ocorre a explanação do sistema *off-grid*. A Figura 8 mostra as imagens da visita.

Figura 8 – Imagens do roteiro de visita do curso.



2.5 Avaliações do curso

Ao final do curso é solicitado aos alunos uma avaliação sobre o curso através do preenchimento de um formulário. As principais perguntas são sobre os objetivos do curso, se a carga horária proposta foi suficiente e se indicariam o curso a outras pessoas. As respostas destes itens podem ser visualizadas pelas Figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 - Os objetivos de aprendizagem do curso foram alcançados.

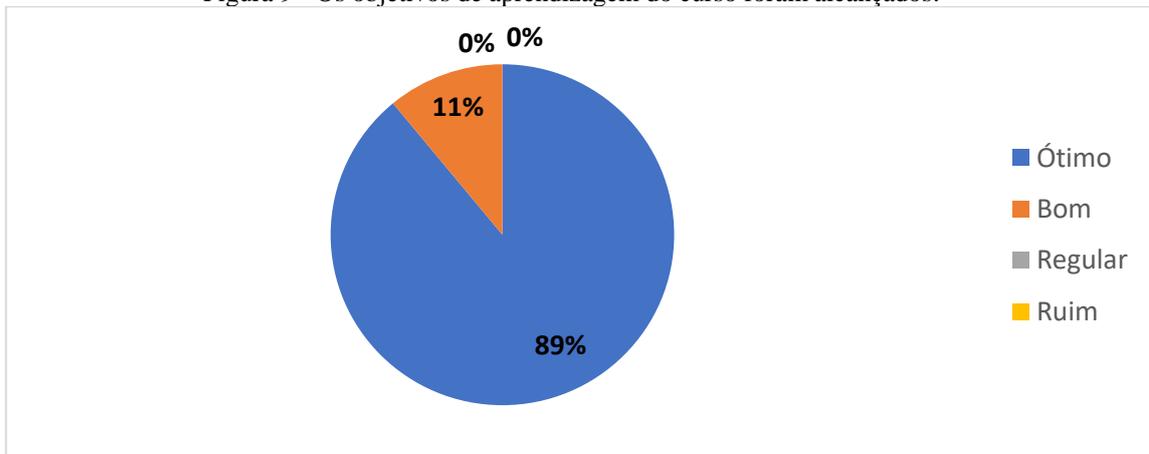


Figura 10 - A carga horária do curso foi cumprida e bem aproveitada

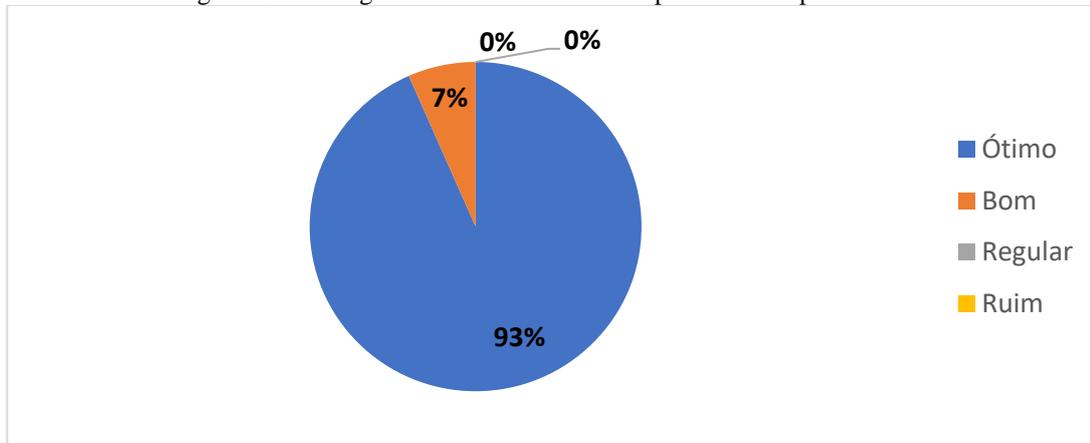
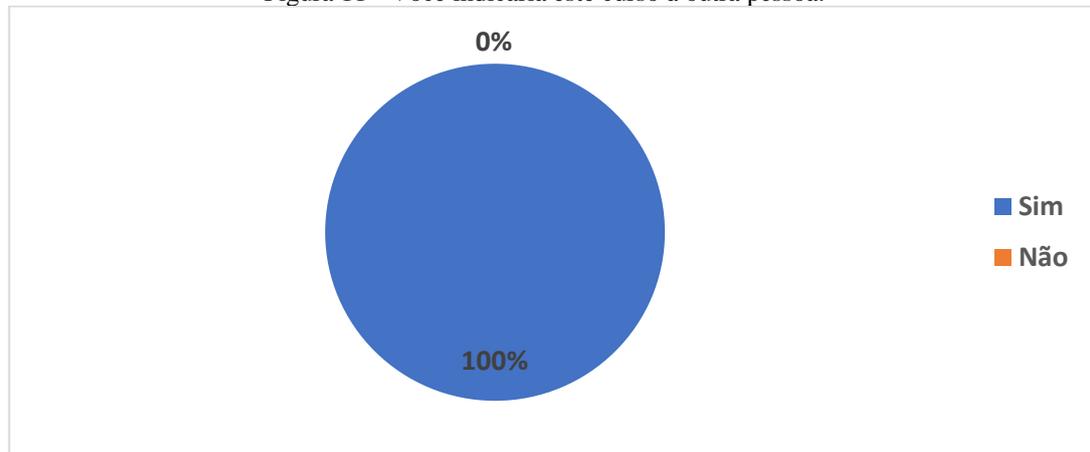


Figura 11 - Você indicaria este curso à outra pessoa.



Conforme pode ser visualizado na Figura 9 os objetivos de aprendizagem do curso foram atingidos, pois 89% dos participantes avaliaram como ótimo e 11% como bom. No quesito carga horária do curso foi considerada ideal, obtendo 93% com avaliação ótima e 7% como bom, conforme pode ser visto na Figura 10. Já na Figura 11 pode-se notar que 100% dos participantes indicariam este curso à outras pessoas.

Essas amostras foram elaboradas com 91 alunos entre o período de março à maio de 2018.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Facens além de ser uma instituição filantrópica se preocupa com o aprendizado dos seus alunos e com a comunidade ao seu redor, desenvolvendo cursos de extensão aos seus alunos e ao público externo. O curso Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações é um programa gratuito destinado as escolas do ensino médio de Sorocaba e região e possui como finalidade a disseminação do conhecimento da geração de energia elétrica fotovoltaica.

Até o presente momento participaram deste curso 91 jovens do ensino médio e através das respostas dos questionários analisados nas Figura 9, 10 e 11 verifica-se que o curso vem atingindo os seus objetivos de aprendizagem, a carga horária foi satisfatória e todos os participantes indicariam o curso à outros.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lucas V.; CUNHA, Lamarck A. da; SILVA, Ricardo M. da. ANÁLISE DOS CUSTOS DE ESTAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO NORDESTE DO BRASIL. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. Ceará, 2015.

BLUE-SOL. Energia Solar no Brasil: **Um panorama para [Você] entender tudo**. Disponível em: <http://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>. Acesso em 02 maio. 2017.

PEREIRA, F. A. S., Oliveira, M. A. S. “Laboratórios de Energia Solar Fotovoltaica”, Publindustria, 2011.

RELLA, Ricardo. Energia solar fotovoltaica no Brasil. Revista de Iniciação Científica, Criciúma, v15, n1, 2017. ISSN 1678-7706

DEVELOPMENT OF PHOTOVOLTAIC EXTENSION COURSES FOR MIDDLE SCHOOL IN THE FACULTY OF SOROCABA ENGINEERING

Abstract: *The use of photovoltaic systems for the generation of electric energy is one of the most promising forms of clean and renewable energy generation at the moment, since they use a free and abundant good in the planet that is the Sun. Nevertheless, the implantation of the photovoltaic system for the generation of electric energy for the society, using the installation on the roofs of the residences, still generate several controversies, because being a technology in ascension in the country ends up causing lack of information about its operation and high cost of implementation of the system, which difficulties in their applicability. The alternatives for the dissemination of this technology go through various forms of government incentives for its use and even courses aimed at this area. Thinking about this scenario, the Faculty of Engineering of Sorocaba (Facens) has developed excellence courses for solar photovoltaic energy and among them is a free program of courses destined for high schools, where in this proposed course the student will be able to understand the operating principle of photovoltaic modules and understand the state of the art of a photovoltaic system connected to the utility grid. And to meet energy demand, Facens installed two photovoltaic systems on its campus, one connected to the local utility grid with a power of 61.74 kWp and another of 2,195 kWp disconnected from it. Both systems, with their different constructive, functional and operational characteristics, are used in the practical classes of the course.*

Key-words: *Photovoltaic. Extension course. Electricity.*