

CAPACITAÇÕES EM ENERGIA SOLAR NO INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO: METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO.

Alexandre M. Farias – alexandre.farias@pesqueira.ifpe.edu.br

Manoel H. O. Pedrosa Filho – manoel@pesqueira.ifpe.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Pernambuco, Campus Pesqueira.

BR 232, km 208, Prado.

CEP: 55200-000 – Pesqueira – PE

Resumo: O crescimento exponencial da energia fotovoltaica no mercado brasileiro promovido pela Resolução Normativa 482/12 e 687/15 publicada pela ANEEL, proporcionou o surgimento de demandas de profissionais para atuarem em projetos e instalações de sistemas. A partir deste momento, diversos cursos rápidos começaram a ser ofertados com o objetivo de sanar esta deficiência. Porém, observava-se que estas capacitações não eram suficientes para qualificar um profissional nesta área. Isso motivou o surgimento de grupos de trabalho com o objetivo de desenvolver cursos que tratem de temas para atender aos requisitos de qualidade e segurança desses sistemas. Este trabalho apresenta a descrição e a implementação de um curso de projetista e instalador de sistemas fotovoltaicos em uma instituição pública de ensino. Será Apresentado o desenvolvimento dos conteúdos relevantes para a formação da força de trabalho para atender às necessidades do mercado, os conceitos, técnicas e materiais básicos de energia solar fotovoltaica para instalações em telhados e os conteúdos necessários para o desenvolvimento de um projeto fotovoltaico. As principais práticas realizadas também são descritas, como a montagem do conector MC4, da String Box e os procedimentos de instalação dos módulos fotovoltaicos no telhado (segurança e materiais). Também será apresentado o resultado das três primeiras turmas já formadas, bem como os resultados da capacitação para a abertura de empresas relacionadas a tecnologia na região.

Palavras-chave: Educação em Sistemas Fotovoltaicos. Energia Solar Fotovoltaica. Sistema Solar Conectado à Rede.

1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica brasileira apresentou um crescimento anual exponencial desde a publicação da Resolução Normativa 482/12 e sua atualização, a Resolução Normativa 687/15, conforme demonstrado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

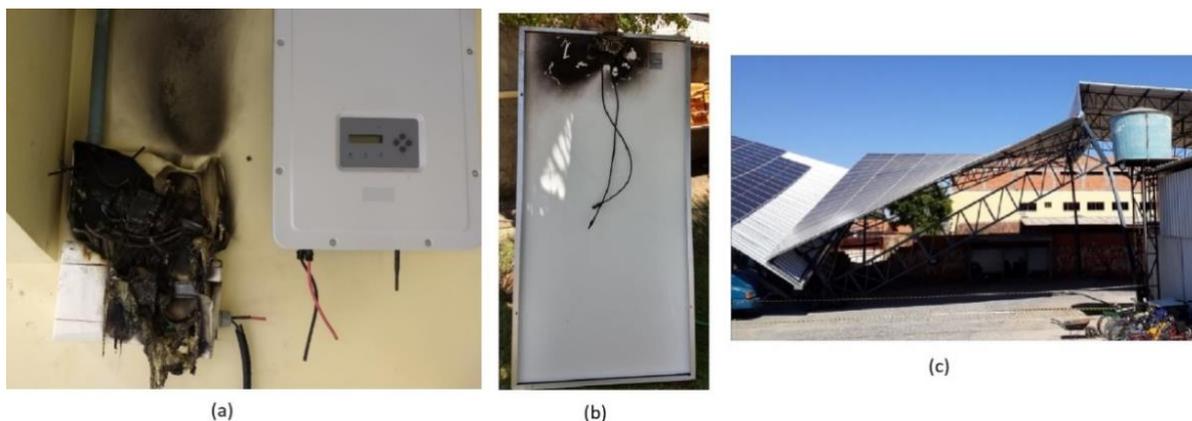
O mercado brasileiro se apresenta aquecido com essas taxas de crescimento e tende a manter esses números nos próximos anos. De acordo com os dados, obtidos no site da ANEEL, o percentual de potência instalada de mini e microgeradores solares fotovoltaicos comparados com o instalado no ano anterior foi de 455% (2016), 137% (2017), 211% (2018) e 251% (2019), totalizando 1985,7 MWp de potência instalada. Já o número de instalações teve um acréscimo

anual com relação ao ano anterior de 355% (2016), 118% (2017), 175% (2018) e 214% (2019), representando um total de 214.984 unidades consumidoras de energia solar fotovoltaica.

Há uma falta de mão-de-obra qualificada devido a essa área ser relativamente nova no Brasil e apresentar um crescimento rápido que não pode ser seguido pela capacidade de treinar pessoas para atuar nela e muito menos para modificações nas grades curriculares na formação do Engenheiro Eletricista ou Técnico em Eletrotécnica visto que estas mudanças não são implementadas imediatamente nos cursos. Segundo Mocelin (MOCELIN, 2014), a consequência da execução do projeto por pessoas não qualificadas podem ocasionar em más instalações e em seguida provocar uma influência negativa na reputação da tecnologia, descredenciando a população.

Alguns problemas já foram verificados em algumas instalações no Brasil, como mau funcionamento do sistema: incêndio em caixas de junção (Figura 1a), incêndio em módulos fotovoltaicos (Figura 1b) e estrutura metálica mal avaliada (Figura 1c) que não suportavam a carga acima dela.

Figura 1 - Problemas encontrados em instalações fotovoltaicas no Brasil.



Fonte: Autor.

Iniciativas louváveis, ainda que pontuadas e isoladas, em algumas instituições brasileiras, podem ser observadas para suprir a falta de formação de mão de obra nessa área. Blasques (BLASQUES, 2016), Neto et al (NETO, 2016) e Diniz et al (DINIZ, 2016), por exemplo, apresentaram suas propostas de cursos nessa área. Existem cursos lato senso em diversas universidades no Brasil, destacando-se, por exemplo, o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o Centro de Energias Renováveis da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Algumas ações nesse sentido foram propostas pela indústria nacional como a constituição do Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) em 2010, que resultou na criação de itinerários e cursos formativos na área fotovoltaica dentro da parceria entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e a cooperação internacional com a sociedade Alemã através da *Deutsche Gesellschaft for Internationale Zusammenarbeit* (GIZ).

Muitas ações foram desenvolvidas como resultado desse grupo: desenvolvimento de itinerários formativos para três tipos diferentes de cursos: instalador (160 h), designer (240 h) e especialização para graduados (360 h) (PEDROSA FILHO et al., 2018); formação de professores da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, nesses três

níveis; e descrição de uma infraestrutura mínima que permita a realização de cursos na Rede Federal.

Este trabalho apresenta, neste sentido, a descrição de um curso de extensão de formação inicial e continuada (FIC) de 160 horas em Projetista e instalador de sistema solar fotovoltaico implementado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Pesqueira, que pertence à rede federal. São descritas a metodologia e a matriz curricular do curso, bem como as práticas desenvolvidas pelos alunos. Os resultados práticos do curso para o mercado local de sistemas fotovoltaicos são apresentados no final.

2 CURSO DE INSTALADOR E PROJETISTA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A criação do curso de projetista e instalador de sistema solar fotovoltaico no ifpe Campus Pesqueira foi possível devido à existência do curso de técnico em eletricidade formando profissionais desde 1993 (27 anos). Também foi levada em consideração para a criação do curso a existência de um grande número de técnicos formados e com experiência prática em instalações elétricas residenciais e industriais mercado; de que a região do Agreste do estado de Pernambuco possui um grande potencial para instalação de sistemas fotovoltaicos devido ao alto nível de irradiância solar da ordem de 5,5 kWh / m² (PEDROSA FILHO, 2018); que há uma tendência de desenvolvimento de projetos de qualquer nível na região e que a formação de uma pessoa capaz de instalar e projetar esse tipo de sistema permite um melhor desenvolvimento profissional no sentido de empreender seu próprio negócio na área.

A Tabela 1 apresenta um resumo do conteúdo do curso. No módulo I, os alunos são lembrados dos principais conceitos de eletricidade e da instrumentação específica a ser usada nas atividades práticas ao longo do curso. Essa abordagem inicial é fundamental para a continuidade do curso, pois prepara os alunos para o uso das ferramentas necessárias para a instalação elétrica do lado de corrente alternada (CA) do sistema como eletrodutos, disjuntores, cabos CA, aterramento, etc. O módulo II apresenta os principais conteúdos que insira os alunos no mundo fotovoltaico, como radiação solar, células solares fotovoltaicas e módulos, o que permite que os alunos entendam os termos tecnológicos necessários para instalar ou projetar os sistemas. O módulo III apresenta ao aluno as práticas direcionadas ao design de sistemas fotovoltaicos; aborda os padrões brasileiros necessários para desenvolver um projeto conectado à rede fotovoltaica e o dimensionamento dos componentes da instalação. Os principais softwares usados para simular sistemas também são apresentados neste módulo. O último módulo é direcionado às práticas de instalação de sistemas conectados à rede fotovoltaica, abordando tópicos relacionados à preparação, instalação e comissionamento desses sistemas, bem como a todos os equipamentos e padrões necessários para realizar esta atividade. Uma instalação prática de módulos fotovoltaicos é realizada em dois tipos de telhado (cerâmico e de fibrocimento), muito comuns no Brasil; os testes básicos de comissionamento são executados no final do módulo instalador do curso.

Tabela 1 – Tópicos abordados durante a capacitação.

Módulo	Temática	Tópicos
1	Fundamento da Eletricidade	Definições das principais grandezas elétricas: tensão, corrente, resistência, potência; Principais conceitos de instalação: circuitos elétricos simples, instrumentos de medição,

		componentes de instalação de rede, aterramento, proteção contra choques elétricos e sobretensão; Sistemas elétricos monofásicos e trifásicos.
2	Fundamento da Energia Solar	Fundamentos da energia solar: radiação solar, definições de irradiância e irradiação, bancos de dados de irradiação, mapas solarimétricos e instrumentação; Célula e módulo fotovoltaico: efeito fotovoltaico, células e módulos, características elétricas e mecânicas, coeficientes de temperatura.
3	Projetista de sistemas fotovoltaicos	Tipos de sistemas fotovoltaicos; Componentes de um sistema fotovoltaico conectados à rede: inversor, string box, dispositivos de proteção contra sobretensão, fusíveis, chave seccionadora, conectores, cabos CC, estruturas mecânicas; Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectado à rede; Desenvolvimento do memorial descritivo: resoluções normativas brasileiras 482/12 e 687/15, regulamentos das concessionárias de energia, diagramas unifilares e multifilares, layout mecânico e elétrico fotovoltaico, memorial descritivo e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART); Componentes estruturais na cobertura; Empreendedorismo.
4	Instalador de Sistemas Fotovoltaicos	Instalação fotovoltaica conectada à rede: segurança em instalações na cobertura, equipamentos de proteção individual, materiais utilizados nas instalações em telhado, prática em sistemas fotovoltaicos no telhado; Comissionamento.

Fonte: Autor.

Existem atividades práticas em todos os módulos do curso. O campus do IFPE, Pesqueira, possui uma usina solar fotovoltaica de 42 kW com módulos instalados sob diferentes condições: no telhado das salas de aula e no solo (Figura 2a). Existem módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologias: monocristalinos, policristalinos, filmes finos e flexíveis e dois telhados para práticas (Figura 2b), um deles com telha cerâmica e outro com telha de fibrocimento; além disso, há também uma estação solarimétrica com feixe, medição de irradiância global e difusa (Figura 2c).

As práticas realizadas no primeiro módulo do curso estão relacionadas ao procedimento de medições das grandezas elétricas no sistema elétrico, no sistema fotovoltaico da instituição e nos módulos fotovoltaicos. Práticas de conexões de módulos (serie, paralelo) com medição de parâmetros elétricos, medições de radiação solar e busca de bancos de dados públicos de radiação solar no laboratório de informática são realizadas no segundo módulo. Um projeto é desenvolvido e simulado com toda a documentação necessária no terceiro módulo. As práticas do módulo final consistem em uma montagem de uma série de módulos, considerando seu layout mecânico, caixas de junção de montagem com diferentes configurações e conectores

MC4 e módulos de montagem no teto, usando todos os equipamentos de proteção, os testes básicos de comissionamento são realizados no final, conforme a norma brasileira NBR-16274. A Tabela 2 apresenta um resumo das atividades práticas realizadas no curso.

Figura - 2: (a) Arranjo fotovoltaico de 42 kWp (b) Telhados de Práticas e (c) Estação solarimétrica.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autor.

Tabela - 2: Detalhamento das atividades práticas desenvolvidas durante o curso.

	Atividade	Descrição	Duração (horas)	Conhecimento necessário
1	Instrumentos de medição e Instalações Elétricas	Execução de procedimentos práticos em um laboratório de instalação elétrica para treinar o uso de instrumentos de medição como multímetro e alicate amperímetro e instalação de cabos CA e disjuntores.	4	Fundamentos da Eletricidade
2	Conexões de módulos fotovoltaicos	Abordagem das características elétricas estudadas no módulo II sobre conexões serie e paralelo de módulos fotovoltaicos. As medições elétricas de tensão e corrente são realizadas nas principais configurações e diversos número de módulos conectados.	4	Fundamentos da Eletricidade e da Energia Solar Fotovoltaica
3	Demonstração de softwares Solarimétricos	Demonstração da dependência da radiação solar diária e mensal da localização, azimute e inclinação do módulo, permitindo estimar seus valores para situações práticas.	2	Fundamentos da Energia Solar Fotovoltaica
4	Desenvolvimento de um projeto de Sistema fotovoltaico conectado à rede	Desenvolvimento de um projeto completo e real de um cliente residencial, utilizando todo o conhecimento construído sobre energia solar fotovoltaica, rede e padrões. Alguns detalhes do projeto são apresentados, como: materiais e listas de preços, desenhos dos detalhes da instalação e documentação do projeto necessária para que possa ser aprovada pelas concessionárias de energia.	20	Fundamentos da Eletricidade, da Energia Solar Fotovoltaica e de projetos de Sistemas Fotovoltaicos.

5	Projeto e Instalação da proteção de sistemas Fotovoltaicos	Montagem de diversas configurações de entrada e saída de <i>String Box</i> e conectores MC4	8	Conceitos estudados durante os módulos anteriores do curso.
6	Instalação de sistemas fotovoltaicos em telhado	Montagem de dois sistemas fotovoltaicos em telhas diferentes (cerâmico e fibrocimento), permitindo a todos os alunos superar todas as dificuldades implícitas em cada situação	8	
7	Comissionamento	A execução dos procedimentos de segurança necessários para realizar a conexão à rede. Procedimento de manutenção preventiva, de inspeção visual, testes elétricos e detecção de falhas.	8	

Fonte: Autor.

3 RESULTADOS OBTIDOS APÓS A REALIZAÇÃO DOS CURSOS

A Primeira edição do curso foi implementada no 1º semestre de 2018. Após a primeira experiência, foram realizadas mais duas edições semelhantes no 2º semestre de 2018 e no 1º semestre de 2019 e uma edição especial exclusiva para mulheres no 2º semestre de 2019. A Tabela 3 apresenta os números dos cursos para os três primeiros grupos treinados. No decorrer das edições, o interesse no curso aumentou; no último grupo, recebemos candidatos de vários locais a mais de 200 km da cidade de Pesqueira e de outros estados brasileiros.

Tabela - 3: Número de inscritos e de matriculados nas três primeiras edições.

Edição	Semestre/Ano	Inscrições	Turno ofertado	Número de estudantes matriculados	Número de estudantes que concluíram o curso
1	1 / 2018	38	Manhã	20	15
2	2 / 2018	72	Noite	25	18
3	1/ 2019	305	Tarde	25	16

Fonte: Autor.

Da Primeira para a segunda edição, o período do curso mudou de manhã para a noite devido a evasão de muitos alunos por conta dos seus vínculos empregatícios. Observou-se que, o curso noturno possuiu um maior número de candidatos devido ao seu perfil, que normalmente trabalham durante o dia e pretendiam, após o curso, atuar em uma nova área. Em contrapartida, o tempo destinado a realização das práticas foi comprometido, pois só tínhamos a disponibilidade do sábado e nem todos os alunos puderam comparecer devido ao horário de trabalho. Na terceira edição, realizamos o curso no turno da tarde. Este grupo teve muitos candidatos devido à divulgação em rádios e emissoras de televisão da região e ao aquecimento da área fotovoltaica.

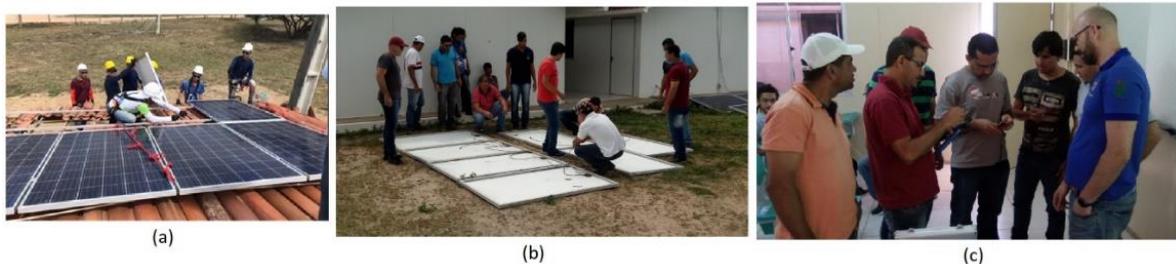
Todas as práticas foram realizadas conforme o esperado. Observou-se que os estudantes aplicaram muitos conceitos e técnicas durante os momentos de prática, como o uso permanente de equipamentos de segurança (Figura 3a), conexões elétricas e seus valores esperados de

tensão e corrente (Figura 3b), o cuidado com o manuseio os módulos fotovoltaicos durante sua instalação e a verificação da qualidade final do conjunto dos conectores MC4 (Figura 3c).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão das três turmas, é possível afirmar que os resultados foram bastante positivos. Na 1ª turma, após o curso, foram fundadas duas empresas de instalação e projetos de sistema fotovoltaico. O primeiro, denominado Agreste Energia, realizou em 7 meses 20 projetos e 11 instalações, totalizando 0,3 MWp de potência instalada; 13 pessoas foram empregadas nessas atividades. O segundo foi a empresa denominada *Electric Station*, que realizou 3 projetos e instalações, com 0,2 MWp no total; outras 13 pessoas estavam empregadas. Alguns alunos que já trabalhavam na área de eletrotécnica incorporaram as atividades de projeto do sistema solar fotovoltaico ao seu portfólio. Na 2ª turma, as empresas não foram fundadas porque a turma era composta majoritariamente por trabalhadores independentes, alguns estudantes trabalhavam nas duas empresas da 1ª turma para atuar em projetos e instalações. Na 3ª turma, alguns alunos começaram a elaborar projetos após o término das aulas e outros começaram a organizar novas empresas. Durante o treinamento da terceira turma, uma nova empresa surgiu na reunião formada por ex-alunos da primeira e segunda turma: Agreste Energia que já conta com 0,38 MWp instalado em um ano e meio no mercado da região. Em 2020, iniciaremos a próxima turma, porém reformulamos o curso para duas turmas que serão treinadas em paralelo. um grupo será formado em projetistas de sistemas fotovoltaicos e o outro grupo será formado em instalador de sistemas fotovoltaicos.

Figura - 3: (a) Instalação dos módulos no telhado, (b) Conexões elétricas dos módulos de acordo com a configuração solicitada (c) Crimpagem dos conectores MC4.



Fonte: Autor.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFPE Campus Pesqueira e as empresas parceiras em cooperação técnica pelo suporte aos cursos ministrados.

REFERÊNCIAS

BLASQUES, L. A educação profissional e tecnológica e os itinerários formativos como potenciais soluções para a escassez de mão de obra especializada em instalações FV no Brasil. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016, Minas Gerais. **Anais**. Belo Horizonte, 2016.

DINIZ, M.M.N. et al. Experiência do Instituto Juazeiro na Promoção de Cursos Técnicos na Área de Sistemas Fotovoltaicos. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016, Minas Gerais. **Anais**. Belo Horizonte, 2016.

MOCELIN, André Ricardo. Qualificação profissional e capacitação laboratorial em sistemas fotovoltaicos. 2014. 200 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NETO, M.R.B. et al. Ensino Técnico em Sistemas de Energias Renováveis no Semiárido Brasileiro. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016, Minas Gerais. **Anais**. Belo Horizonte, 2016.

PEDROSA FILHO, M.H.O. et al. Desenvolvimento de itinerários formativos para a educação profissional e tecnológica na área de energia solar fotovoltaica. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Porto Alegre. **Anais**. Gramado, 2018.

PEDROSA FILHO, M.H.O., Mariano, V., 2018. Análise da tendência da irradiação solar e temperatura ambiente no agreste nordestino empregando dados medidos de longo prazo. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Porto Alegre. **Anais**. Gramado, 2018.

SOLAR ENERGY CAPACITATIONS IN FEDERAL INSTITUTE OF PERNAMBUCO: METHODOLOGY AND IMPLEMENTATION.

Abstract: *The exponential growth of photovoltaic energy in the Brazilian market promoted by Normative Resolution 482/12 and 687/15 published by ANEEL, led to the emergence of demands from professionals to work on systems projects and installations. From this moment on, several short courses began to be offered with the objective of remedying this deficiency. However, it was observed that these qualifications were not sufficient to qualify a professional in this area. This motivated the emergence of working groups with the objective of developing courses that deal with topics to meet the quality and safety requirements of these systems. This paper presents the description and implementation of a course for the design and installation of photovoltaic systems in a public educational institution. It will be presented the development of relevant content for the training of the workforce to meet the needs of the market, the concepts, techniques and basic materials of photovoltaic solar energy for roof installations and the contents necessary for the development of a photovoltaic project. The main practices carried out are also described, such as the assembly of the MC4 connector, the String Box and the installation procedures for the photovoltaic modules on the roof (safety and materials). The results of the first three classes already formed will also be presented, as well as the results of training for the opening of technology-related companies in the region.*

Keywords: *Education in photovoltaics systems, Photovoltaic solar energy, Grid connected solar systems.*