

EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: ESTRATÉGIAS EDUCACIONAIS EM ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM ZONAS REMOTAS LOCALIZADAS NA REGIÃO AMAZÔNICA

Amanda Mendes Ferreira Gomes – amandamendesfg@gmail.com

Laís Cassanta Vidotto

Kathlen Schneider

Daniel Odílio dos Santos

Lucas Rafael do Nascimento

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório Fotovoltaica/UFSC

Aline Cristine Pan

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia de Gestão de Energia

Ricardo Rütther

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório Fotovoltaica/UFSC

Resumo. O Brasil possui mais de 200 sistemas isolados, onde o suprimento de eletricidade é predominantemente dependente de fontes de energia não renováveis provenientes de derivados de petróleo. A hibridização destes sistemas é essencial para a redução dos impactos ambientais, econômicos e sociais no Brasil. A instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados necessita de profissionais capacitados e treinados. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Itinerário Formativo para a Educação Profissional e Tecnológica com foco em pequenos sistemas isolados na Região Amazônica, capaz de guiar escolas técnicas e docentes na implementação de novos cursos de energia solar. A metodologia aplicada se baseou na identificação e mapeamento dos principais atores relevantes, na realização de entrevistas, na elaboração de um programa de capacitação destinado aos docentes dos centros de ensino e no desenvolvimento de conteúdo formativo. Dessa forma, foi proposto um curso com carga horária de 40 horas com o objetivo de desenvolver as capacidades técnicas, sociais, organizativas e metodológicas necessárias para a execução de serviços de montagem de componentes e estruturas de fixação, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados de pequeno porte, considerando os requisitos do projeto, os padrões e as referências técnicas, normativas, de saúde, segurança e de meio ambiente que se aplicam ao processo. Como parte do processo, os docentes foram treinados para a futura implementação do curso proposto.

Palavras-chave: Energia Solar, Educação Profissional e Tecnológica, Sistemas isolados.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil opera de forma centralizada um dos maiores sistemas de energia elétrica interligada do mundo, chamado Sistema Integrado Nacional (SIN), que cobre quatro das cinco regiões do país (ONS, 2023a). No entanto, em algumas áreas geograficamente remotas, como as cidades e comunidades na região da Floresta Amazônica, há desafios técnicos e financeiros significativos para se conectar ao SIN. Nessas localidades e na ilha de Fernando de Noronha, são operados 212 sistemas isolados (SISOL), cujo suprimento de eletricidade é predominantemente dependente de fontes de energia não renováveis provenientes de derivados de petróleo. Atualmente, a matriz energética do SISOL é composta por petróleo (76%), gás natural (14%), biomassa (9%) e hidráulica (1%), totalizando 1.363 MW de potência instalada (EPE, 2022). O uso de combustíveis fósseis para a geração de energia no SISOL tem diversas desvantagens; entre elas se destacam as econômicas (custos com compras de combustíveis importados), logísticas (transporte dos combustíveis até as áreas remotas) e ambientais (poluição do meio ambiente e impacto na emissão de gases de efeito estufa). Tais elementos são responsáveis pela ineficácia econômica de muitos sistemas do SISOL que dependem de combustíveis fósseis (EPE, 2022; ONS, 2023b). Atualmente, a Floresta Amazônica enfrenta pressões significativas devido ao desmatamento descontrolado, decorrente principalmente da agricultura e pecuária (Levy *et al.*, 2023). Essa perda de cobertura florestal causa a redução da biodiversidade e impacta negativamente o equilíbrio climático global, pois a Floresta Amazônica desempenha um papel crucial na absorção de carbono, absorvendo mais dióxido de carbono (CO₂) do que emite (Soares-Filho *et al.*, 2023).

Os sistemas do SISOL não são suficientes para suprir a demanda de energia elétrica da Região Amazônica, por isso, o Governo Brasileiro tem implementado outras políticas para eletrificação rural, incluindo o programa "Luz para Todos", em 2003, para universalizar o acesso à eletricidade e o "Programa Mais Luz para a Amazônia" (MLA), em 2020, visando fornecer eletricidade a áreas remotas (Brasil, 2003, 2020a). Outra opção para expandir o acesso à energia na região é por meio de parcerias público-privadas (PPPs), que podem disponibilizar recursos financeiros, tecnologia e expertise técnica (mão de obra), enquanto o setor público pode conceder incentivos fiscais, estabelecer acordos de compra de energia ou fornecer garantias de empréstimo (Gómez; Téllez; Silveira, 2015). Ainda assim, 97,3% dos domicílios que não possuem acesso à energia elétrica proveniente do SIN estão em regiões rurais do Brasil e, apesar da

abundância de recursos naturais, 85% desses domicílios estão localizados na região norte do Brasil (IBGE, 2022). Diante deste cenário, nos últimos anos, as discussões políticas, econômicas e energéticas sobre o SISOL intensificaram-se, com grande parte dessas pautas focando na substituição da matriz energética do sistema, investindo em energias renováveis, como a energia solar fotovoltaica (FV), associada a sistemas de armazenamento em baterias (BESS - Battery Energy Storage Systems) (López-González; Domenech; Ferrer-Martí, 2018).

A cadeia de produção da energia FV se divide em dois grupos principais: atividades de fabricação (*upstream*), abrangendo o processamento de matérias-primas, a produção de módulos, inversores, controladores de carga, sistemas e componentes elétricos diversos, e atividades de aplicação (*downstream*), englobam serviços prestados na indústria FV, como engenharia, administração, instalação, operação e manutenção (O&M), vendas, descomissionamento e reciclagem (Garlet *et al.*, 2020; Solar Power Europe, 2017). Segundo IRENA (2022), a indústria de energia solar FV é o maior empregador global na área de energia elétrica, principalmente quando comparado com setores como energia eólica, hidrelétrica e biocombustíveis. Ao total, o setor sustenta cerca de 4,9 milhões de postos de trabalho, com 40% de representatividade feminina. A região das Américas contribui com 11,5% do total dessas ocupações. Já o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking, com aproximadamente 241 mil empregos diretos (IRENA, 2022, 2023).

A formação de mão de obra qualificada se torna essencial para suprir as necessidades de expansão de sistemas FV isolados, atuando principalmente nas aplicações *downstream*, associadas aos aspectos de prestação de serviços. Embora exista uma ampla variedade de cursos de energia solar FV disponíveis, a maioria deles está associada a cursos de nível superior e sistemas conectados à rede elétrica (Brasil, 2022), evidenciando que não existem muitos cursos focados na instalação de sistemas FV isolados de pequeno porte. Desta forma, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Itinerário Formativo para a Educação Profissional e Tecnológica (EPT) com foco em pequenos sistemas isolados na Floresta Amazônica, capaz de guiar escolas técnicas e docentes, para implementação de novos cursos de energia solar FV, e assim, contribuir para a preparação de profissionais qualificados que possam atender às exigências específicas do mercado de energia FV em regiões remotas e desafiadoras.

2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS: UM CONTEXTO NA FLORESTA AMAZONICA

Os sistemas isolados alimentados por fontes de energia não renovável presentes na Amazônia causam um grande impacto ambiental, econômico, energético e logístico na Região Amazônica. A transição energética na Amazônia apresenta oportunidades para mitigar os impactos climáticos, combater o desmatamento e promover um manejo mais sustentável da floresta (EPE, 2022). Um dos passos mais importantes para a transição energética na Amazonia é a substituição da forma de produção de energia para comunidades. A substituição de fontes não renováveis para fontes híbridas (diesel + FV + BESS) implica a necessidade de manter um equilíbrio adequado entre a geração e o consumo de energia, visando garantir um fornecimento de energia confiável, ao mesmo tempo em que busca minimizar os impactos ambientais (Bhattacharyya; Palit, 2016). Nesse cenário, a hibridização destes sistemas pode trazer benefícios, como aumentar a confiabilidade, diminuir as emissões de gases de efeito estufa, reduzir o consumo de combustível fóssil e flexibilizar a gestão de energia elétrica (Bortolini *et al.*, 2015).

Nas últimas décadas, os custos de sistemas de energia renovável, como FV e BESS, diminuíram devido a avanços tecnológicos, produção em grande escala e incentivos governamentais. Porém, os custos de BESS ainda se apresentam proibitivos para algumas aplicações (Greener, 2023; Greener; Newcharge, 2021). A combinação FV+BESS oferecem a flexibilidade de serem instalados em diferentes escalas, de pequenas residências a grandes usinas de energia, adequando-se a diversos contextos e sendo dimensionados de acordo com a necessidade. Além disso, podem ser utilizados em sistemas isolados e híbridos, o que apresenta uma aplicação interessante para o contexto da Região Amazônica (Bigdeli, 2015). A adoção de sistemas de energia híbridos em áreas rurais enfrenta desafios, incluindo custos iniciais, a necessidade de capacitação técnica e a importância de regulamentações favoráveis. Superar esses desafios requer esforços conjuntos, incluindo treinamento técnico para comunidades locais e regulamentações que apoiem a integração de várias fontes de energia nas redes existentes. Embora a hibridização de sistemas energéticos seja uma estratégia promissora na Amazônia, sua implementação eficaz exige uma abordagem ampla que considere os aspectos técnicos, políticos, econômicos e sociais (Mazzone, 2019; Van Els; De Souza Vianna; Brasil, 2012).

3. EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

A prática educacional frequentemente requer adaptações e reformulações para enfrentar os diversos desafios associados ao processo de ensino e aprendizagem. Na história da educação brasileira, há um debate contínuo em torno da divisão entre a formação acadêmica, caracterizada por currículos tradicionais com uma abordagem teórica mais robusta, e a formação direcionada ao mercado de trabalho, enfatizando currículos profissionais com ênfase no aspecto prático. Essa tensão entre as duas abordagens tem sido particularmente marcante no âmbito do ensino técnico ao longo do tempo e ainda desempenha um papel relevante no contexto educacional do Brasil (Dallabona; Fariniuk, 2016). Com isso, se fez necessário a instauração da EPT, previsto na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que engloba cursos de formação inicial e continuada (FCI) ou qualificação profissional, educação profissional técnica de nível médio, educação profissional tecnológica de graduação e de pós-graduação. A finalidade da EPT é preparar o aluno para o exercício da profissão escolhida, indicando um processo de ensino e aprendizagem focado na profissão.

Atualmente, os cursos de EPT são ofertados pelos setores públicos e privadas, principalmente por instituições da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, com destaque para os Institutos Federais (IF), Centro Federais de Educação (CEFET) e escolas técnicas vinculadas a universidades federais e o Colégio Pedro II, e do Sistema S, composto por instituições como Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Serviço Social do Comércio (SESC), Serviço Social da Indústria (SESI), e Serviço Nacional de Aprendizagem do Comércio (SENAC) (Brasil, 2008).

A Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação (SETEC/MEC) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH têm colaborado desde 2016 no desenvolvimento do Projeto "Formação Profissional em Energias Renováveis e Eficiência Energética," que faz parte de um projeto mais amplo em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME) denominado "Profissionais para Energias do Futuro." O propósito dessa cooperação é promover e apoiar a expansão da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) no Brasil no domínio das energias renováveis e da eficiência energética. Este projeto também desencadeou o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal, que passou a ser chamado de Programa EnergIF (Brasil, 2020b). Muitos estudos foram realizando dentro do EnergIF focados nas seguintes áreas: I – Biogás e Biometano; II – Energia Solar Fotovoltaica; III – Energia Eólica; IV – Eficiência Energética – Subárea Indústria; V – Eficiência Energética – Subárea Edificações; e VI – Biocombustíveis e Eletromobilidade (MEC, 2023). Considerando os cursos com focos em energia solar FV, em 2018, Filho *et al.* (2018) apresentou três itinerários formativos e suas matrizes curriculares para cursos de EPT na área de Energia Solar FV: FCI para Instalador FV, Especialista Técnico em Energia Solar FV e Especialização Técnica em Energia Solar FV. Em 2023, há um total de 17.050 vagas disponíveis para capacitação profissional no campo da Instalação de Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica, que equivale à qualificação de Eletricista de Sistemas de Energia Renovável. Entretanto, é importante ressaltar que apenas 7% dessas vagas estão destinadas à região norte, considerando exclusivamente a Rede Federal (Brasil, 2022).

4. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO ITINERÁRIO FORMATIVO

A metodologia adotada para a estruturação do conteúdo formativo do curso envolveu as seguintes etapas:

- Identificação e mapeamento dos principais atores relevantes;
- Realização de entrevistas com os atores identificados;
- Elaboração de um programa de capacitação destinado aos docentes dos centros de ensino;
- Desenvolvimento de conteúdo formativo específico para o curso de qualificação profissional.

Este método estruturado foi adotado para assegurar a relevância e a eficácia do conteúdo formativo, alinhando-se com as demandas e expectativas dos principais envolvidos. Para a identificação e mapeamento dos principais atores foram analisados as empresas, entidades públicas e centros de ensino com experiência em instalações de sistemas FV isolados de pequeno porte. Para o levantamento da demanda sobre a necessidade de capacitações em sistemas FV isolados de pequeno porte no Norte do Brasil foi realizado a construção de observação direta intensiva, por meio de uma entrevista estruturada com perguntas abertas, dividido pelo tipo de atores (empresas integradoras e centros de ensino) (Lakatos; Marconi, 2003). A empresa integradora de sistemas FV desempenha o papel de intermediário entre o fornecedor de equipamentos e o cliente, oferecendo serviços que abrangem o fornecimento de materiais, a elaboração de projetos, a realização de instalações e a manutenção do sistema.

Em uma segunda etapa do estudo, a formulação do itinerário formativo foi delineada conforme as demandas identificadas pelos entrevistados. Os parâmetros considerados para a sua concepção englobam: as áreas de aplicação, onde a implementação do itinerário será efetuada; o perfil desejado do estudante ao concluir o programa; as competências específicas requeridas para ingresso no curso e aquelas que serão adquiridas ao longo do percurso formativo; a carga horária a ser cumprida; modalidades de ensino, considerando opções presenciais, à distância, aulas teóricas e práticas; bem como os pré-requisitos necessários para admissão no curso. Este procedimento assegura a aderência do itinerário formativo às necessidades identificadas e a sua pertinência no contexto educacional.

A introdução de novos itinerários formativos requer a capacitação dos docentes pertencentes a instituições de ensino como por exemplo os IF's e SENAI's. Essa capacitação assume relevância significativa para o alinhamento de conhecimentos, métodos de ensino e abordagens essenciais relacionados ao tema a ser ministrado em sala de aula posteriormente. A elaboração do programa de capacitação docente foi concebida após a fase de pesquisa envolvendo as partes interessadas, com o propósito de atender às lacunas identificadas no processo. Isso assegura que os docentes estejam adequadamente preparados para transmitir o conteúdo dos novos itinerários formativos com eficácia e conforme as necessidades identificadas.

As empresas integradoras (Tab. 1) são atores que mais demandam mão de obra qualificada e especializada. Já os centros de ensino (Tab. 2) são os atores que formam a mão de obra para o mercado.

Tabela 1 – Perguntas elaboradas para os atores de empresas integradoras

Tópico geral	Perguntas
Experiência no setor	Como está o portfólio hoje da empresa em projetos renováveis e qual é a capacidade instalada de projetos?
	A empresa atua no mercado desde qual ano?
	Qual é o número de profissionais contratados que atuam nesta empresa?
	Desses profissionais, qual é o <i>background</i> deles? Engenheiros, técnicos, tecnólogos...?
	Desses profissionais, de quais instituições vieram? Universidade, IF's, SENAI's?
	Quais serviços esta empresa presta na área de energia solar FV?
	Dentro dessas áreas, por falta profissionais capacitados, a empresa precisa subcontratar pessoas para execução de algum dos serviços que presta? Quais?
	A empresa enfrenta/enfrentou dificuldades de encontrar profissionais capacitados para trabalhar nas suas áreas de atuação?
	A empresa já precisou buscar algum tipo de capacitação para a equipe da empresa? Se sim, em qual área? Para atuar em qual função?
	Onde a empresa buscou essas capacitações quando necessário?
	Houve alguma dificuldade nessa busca por capacitação? Qual?
	A empresa possui experiência em sistemas isolados de acoplamento direto?
	A empresa possui experiência em sistemas isolados com fontes intermitentes + BESS?
	A empresa possui experiência em sistemas isolados com fontes intermitentes + BESS + diesel?
	Com os profissionais que a empresa possui hoje, ela seria capaz de conduzir projetos em sistemas isolados sem precisar de contratação?
Condições de trabalho	Qual o perfil profissional seria necessário para complementar a equipe de trabalho para atuar em sistemas isolados?
	Quais são as competências técnicas que a empresa busca ao contratar novos funcionários?
	Quais são as competências socioemocionais que a empresa busca ao contratar novos funcionários?
Condições de trabalho	Quais as condições ambientais dos profissionais da empresa?
	Quais são os turnos e horários dos profissionais da empresa?
	Quais os riscos que esses profissionais correm ao executar suas atividades?

Tabela 2 – Perguntas elaboradas para os atores de universidades ou centros de ensino

Tópico geral	Pergunta
Informações gerais	Quantos docentes desta unidade já possuem conhecimento prévio na área de energia solar?
	Quantos desses têm intenção de receber capacitação sobre sistemas isolados?
	Quantos docentes atuam com pesquisa/ensino em energia solar?
	Quais disciplinas na área de energia solar são ofertadas? Em quais cursos? Em qual nível?
	Quais disciplinas sobre sistemas isolados são ofertadas? Em quais cursos? Em qual nível?
Conhecimentos técnicos – Fundamentos, instalação e comissionamento	Qual o conhecimento geral dos docentes desta unidade em relação a geradores a diesel?
	Qual é o conhecimento geral dos docentes desta unidade em relação ao tema?
	Qual é o conhecimento sobre dimensionamento de sistemas isolados dos docentes desta unidade?
	Qual é o conhecimento e experiência na instalação de sistemas isolados dos docentes?
	Qual é o conhecimento e experiência no comissionamento de sistemas isolados dos docentes?
Relacionamento com o setor	Qual infraestrutura disponível para lecionar aulas práticas sobre instalação e comissionamento de sistemas isolados?
	Existe alguma demanda reprimida para capacitação em sistemas isolados nesta região?
	Existe alguma parceria entre empresas integradoras de energia solar FV e a universidade?
	Existe alguma parceria entre empresas integradoras relacionadas aos sistemas isolados e a universidade?
	Existe alguma parceria entre empresas integradoras de energia solar FV e a universidade?
	Existe alguma parceria entre empresas integradoras relacionadas aos sistemas isolados e a universidade?
Informações Adicionais	Como é o relacionamento com concessionárias e outras empresas do ramo?
	Existem iniciativas de ensino pesquisa e extensão na instituição?
	Quantos pesquisadores existem no total e quantos são da área de energias renováveis?
	Existe alguma parceria entre a instituição e outros centros de pesquisa?
	Caso sim, a parceria prevê recebimento de capacitação dos docentes e discentes?
	Quantos pesquisadores (dentre docentes e discentes) receberiam esta capacitação?
A parceria prevê infraestrutura na instituição?	

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados das entrevistas

Para auxiliar na construção do itinerário formativo foram realizadas no ano de 2022 entrevistas com três integradores e um centro de ensino. A Tab. 3 apresenta um resumo das informações de cada ator coletado na entrevista. Mesmo sem ter experiência com sistemas isolados de pequeno porte em zonas remotas do país, a empresa 1 foi considerada relevante para a pesquisa por ser uma empresa de ampla atuação no setor solar do país e que apresenta uma lacuna de experiência em sistemas híbridos e isolados. Sendo assim, é relevante ouvir sua opinião sobre suas necessidades de capacitação para poder atuar em zonas remotas com sistemas isolados de pequeno porte.

Tabela 3 – Resumo de informações de cada ator coletado na entrevista

CARACTERÍSTICA	CENTRO DE ENSINO	EMPRESA 1	EMPRESA 2	EMPRESA 3
Tipo de atuação	Oferta	Demanda	Demanda	Demanda
Especificação da atuação	Instituição de ensino	Empresa com experiência em FV conectado (pequeno, médio e grande porte)	Empresa com experiência em FV isolado (grande porte)	Empresa com experiência em FV isolado (pequeno porte)
Localização	Acre	Santa Catarina	Santa Catarina	Rondônia
Ano de fundação	2010	2011	1976	2005
Número de profissionais	15	200	5000, com 60 no setor de FV	1000 funcionários
Áreas de atuação	Pesquisa com foco em extrativismo energético, desenvolvimento sustentável e eficiência energética	Vasta experiência em FV conectado, porém sem experiência em FV isolados	Atuação em sistemas FV conectados e isolados. Instalam sistemas pertencentes ao projeto MLA	Atuação em geração térmica, energias renováveis (execução terceirizada)

Na entrevista, surgiram demandas de capacitação de destaque, centradas em tópicos que envolvem a instalação de sistemas isolados de pequeno porte, simulação de sistemas de energia FV isolados e a formação de operadores de usinas FV. Notavelmente, as capacitações disponíveis no mercado, oferecidas por IF's e SENAI's, assim como discutidas em investigações conduzidas por Filho *et al.* (2018), predominantemente concentram-se em cursos relacionados a sistemas FV conectados à rede elétrica. Adicionalmente, destaca-se a existência de cursos destinados especificamente à simulação de sistemas FV conectados. Foi observada uma dificuldade na identificação de mão de obra local, especialmente para preencher posições nas áreas de instalação e O&M em sistemas FV isolados. Essas demandas refletem a necessidade de se adaptar a oferta de capacitação às especificidades da região, visando suprir carências e atender às necessidades da indústria local.

Ainda durante a análise das entrevistas, emergiu um resultado significativo, que aponta para a prática das grandes empresas de inserir em seus cronogramas anuais programas de treinamentos "*in company*" focados nas áreas de aplicação, instalação e O&M de seus produtos. Estes programas são notáveis por sua característica de serem intensivos e de curta duração, geralmente com duração de alguns dias. Além disso, observou-se que a transmissão de conteúdo, pertinente a esses treinamentos, frequentemente se dá por meio de aulas de educação à distância (EAD) e recursos de aprendizado assíncrono, incluindo aulas previamente gravadas. Este resultado ressalta a crescente importância das práticas de treinamento no âmbito das empresas, com ênfase nas capacidades práticas relacionadas a seus produtos.

5.2 Treinamento de professores qualificados

Para a implementação de um curso de qualificação profissional, é imprescindível que os docentes das instituições de ensino profissional estejam adequadamente capacitados para atender às demandas do referido curso. Nesse sentido, foi conduzido o programa de formação denominado "Capacitação de Docentes em Instalação de Sistemas Fotovoltaicos (FV) Isolados de Pequeno Porte" nas instalações do laboratório Fotovoltaica/UFSC, ao longo do mês de outubro de 2022. Esta iniciativa visou preparar os professores para ministrar conteúdos relacionados a sistemas FV isolados, especialmente direcionados a aplicações de pequena escala. O laboratório Fotovoltaica/UFSC possui experiência, conhecimento técnico e equipamentos laboratoriais para o treinamento e para simular diversas situações do cotidiano de um docente e/ou discente, a Fig. 1 mostra imagens do treinamento.

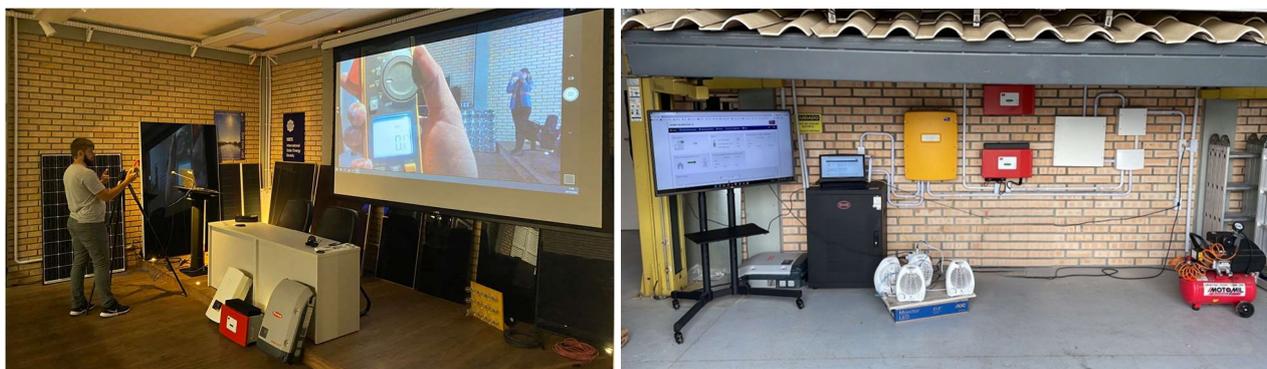


Figura 1 – Capacitação de Docentes em Instalação de Sistemas FV Isolados de Pequeno Porte” no laboratório Fotovoltaica/UFSC

O treinamento abrangeu componentes teóricos e práticos, conforme apresentados na Tab. 4, exigindo que os docentes participantes comprovassem formação em curso técnico, tecnólogo ou Engenharia na área de elétrica ou áreas relacionadas, além de possuírem conhecimento em eletricidade básica e fundamentos de energia solar. Um total de 38 docentes, representando instituições de todas as regiões do país, foram capacitados.

As aulas práticas e teóricas foram organizadas de forma alternada, permitindo a exposição concomitante da teoria e da prática no contexto de sistemas FV isolados, com uso de baterias de íons de Li em primeira e segunda vida, bem como geradores a diesel. A importância de comparar as experiências vivenciadas na sala de aula com a prática foi destacada nas entrevistas prévias, enfatizando a relevância desse método pedagógico. Portanto, é interessante que os laboratórios das instituições de ensino apresentem infraestrutura adequada para acolher os estudantes e consolidar os conhecimentos transmitidos em ambiente acadêmico. Isso contribui para uma formação mais completa, alinhada com as demandas do mercado. Além disso, as visitas de campo desempenharam um papel fundamental na promoção de um ambiente prático e aplicado, transcendendo o contexto tradicional de sala de aula e laboratórios de testes. Durante essas visitas, os docentes tiveram a oportunidade de realizar observações diretas em relação a uma variedade de sistemas FV isolados, usinas de FV e sistemas de armazenamento (BESS) de pequeno, médio e grande porte. Essas experiências práticas enriqueceram significativamente o processo de aprendizado, proporcionando uma compreensão mais abrangente e realista das tecnologias.

Tabela 4 – Programação e conteúdo do curso “Capacitação de Docentes em Instalação de Sistemas FV Isolados de Pequeno Porte” no laboratório Fotovoltaica/UFSC

DIA	PROGAMAÇÃO E CONTEÚDO	AULA
Dia 1	Fundamentos da Tecnologia FV: Introdução ao Sistemas FV conectados, isolados e híbridos; Radiação Solar: Radiação solar, instrumentos solarimétricos e orientações geográficas para instalação de sistemas FV; Componentes dos Sistemas FV Isolados: Componentes dos sistemas FV isolados (módulos FV, controlador de carga, baterias, BMS, EMS, inversores).	Aulas teóricas
Dia 2	Estruturas de Fixação: Estruturas para a instalação de sistemas fotovoltaicos fixos e com rastreamento Projeto e Dimensionamento básico dos Sistemas FV isolados: Leitura e interpretação de projetos FV e dimensionamento básico dos sistemas FV; Visitação sistemas do laboratório Fotovoltaica/UFSC: Estação solarimétrica e sistemas de armazenamento (BESS) de primeira e segunda vida.	Aulas teóricas
Dia 3	Visita na Usina Solar Cidade Azul e Módulo de Avaliação: Reconhecimento e entendimento de uma planta FV, eólica e BESS	Visita de campo
Dia 4	Montagem mecânica dos sistemas isolados: Montagem de componentes e estrutura de fixação; Montagem elétrica dos sistemas isolados: Equipamentos de medidas, montagem de <i>strings box</i> e de quadro de proteção C.A; Testes de funcionamento dos sistemas isolados: Sistemas em acoplamento C.C, C.A e geradores diesel; Comissionamento dos Sistemas Fotovoltaicos Isolados: Introdução de manutenção e comissionamento dos sistemas FV isolados.	Aulas práticas e teóricas
Dia 5	Comissionamento dos Sistemas Fotovoltaicos Isolados: Manutenção e comissionamento dos sistemas FV isolados; Debates e Discussões	Aulas práticas e teóricas

5.3. Itinerário Formativo: Qualificação Profissional

Diante das necessidades levantadas pelas entrevistas e as evidências apresentadas, foram desenvolvidos módulos e os conteúdos formativos necessários para o desenvolvimento e implementação de um curso de qualificação profissional em instalação de sistemas FV isolados de pequeno porte nas escolas técnicas do país. A Tab. 5 apresenta das informações básicas do curso, considerando a área tecnológica abrangente, a carga horária, o local para aulas, pré-requisitos e os objetivos. Na Tab. 6 é possível visualizar os conteúdos formativos, nos quais se encontram dispostos em sequência tanto os módulos quanto os fundamentos técnico-científicos correspondentes.

Tabela 5 – Informações básicas sobre o curso de qualificação profissional desenvolvido.

Nome do curso	Qualificação profissional em instalação de sistemas FV isolados de pequeno porte
Área Tecnológica	Energias Renováveis
Carga horária	40h - 1 semana em imersão
Local	Sedes de escolas técnicas com a possibilidade de deslocamento dos professores para cursos imersivos in loco sob demanda
Pré-Requisitos	Ensino fundamental completo com formação inicial em curso técnico em eletricidade (eletrotécnico, eletricista etc.) e mínimo de 18 anos completos
Objetivos	Desenvolver as capacidades técnicas, sociais, organizativas e metodológicas requeridas para a execução de serviços de montagem de componentes e estruturas de fixação, instalação e manutenção de sistemas FV isolados de pequeno porte, considerando os requisitos do projeto, os padrões e as referências técnicas, normativas, de saúde, segurança e de meio ambiente que se aplicam ao processo.

Tabela 6 - Conteúdos formativos desenvolvidos para o curso de qualificação profissional em instalação de sistemas FV isolados de pequeno porte.

Módulo 1: Fundamentos da Tecnologia FV	Módulo 2: Sistemas FV Isolados	Módulo 3: Ética no trabalho
Elemento de Competência: 1. Entender os fundamentos da Tecnologia FV	Elemento de Competência: 2. Aprender montagem, instalação e manutenção de sistemas FV	Elemento de Competência: 3. Aprender virtudes e comportamentos éticos no ambiente profissional
Conhecimentos		
1. Introdução a Sistemas FV 1.1 Origem da Energia FV - Energias Renováveis: tipos, vantagens, fontes de energia solar, potencial energético solar. 1.2 Solarimetria e Instrumentos de Medição 1.3 Princípios de funcionamento dos sistemas FV 1.4 Documentação técnica de sistemas FV: tipos (catálogos, manuais, procedimentos, ordens de serviço, fichas técnicas, memoriais descritivos, normas técnicas, normas regulamentadoras, finalidades, responsabilidades. 2. Orientações Geográficas para Instalação de Sistemas FV 2.1 Latitude e longitude 2.2 Orientação: magnética e geográfica 2.3 Instrumentos de orientação (bússola e GPS) 3. Componentes de sistemas FV:	1. Segurança em instalações de sistemas FV 1.1 Condições inseguras e atos inseguros em instalações 1.2 Normas regulamentadoras aplicadas a sistemas FV 1.3 Procedimentos e instruções de trabalho relacionados a instalações FV 1.4 Organização e limpeza de ambientes de trabalho 1.5 Saúde ocupacional 2. Montagem de componentes e estrutura de fixação 2.1 Componentes de fixação: tipos, especificações técnicas e requisitos de instalação 2.1.1 Perfis, parafusos estruturais, suportes de caibro, ganchos 2.1.2 Recursos tecnológicos: máquinas, ferramentas, equipamentos, entre outros meios 3. Metrologia básica aplicada a sistemas FV 3.1 Unidades de medidas e conversão 3.2 Instrumentos de medição 3.2.1 Instrumentos de medição de áreas/superfícies 3.2.2 Inclinômetro 3.2.3 Nível 3.2.4 Alicates-amperímetro CA e CC	1. Virtudes profissionais - Conceitos e valor 1.1 Responsabilidade 1.2 Iniciativa 1.3 Honestidade 1.4 Sigilo 1.5 Prudência 1.6 Perseverança 1.7 Imparcialidade 2. Ética, trabalho e profissionalismo 2.1 Administração do tempo 2.2 Autonomia 2.3 Assertividade no trabalho: eficiência e eficácia no trabalho; produtividade; impacto do seu trabalho nos resultados da empresa 2.4 Código de conduta 2.5 Ética nas relações interpessoais 2.6 Ética no

<p>tipos, características, funcionalidade, tecnologias, especificações técnicas (datasheet e outros) e aspectos construtivos</p> <p>3.1 Diodos 3.2 Fusíveis PV 3.3 Cabos solares 3.4 Conectores solares 3.5 Caixas de junção (string box) 3.6 Células FV 3.7 Módulos FV 3.8 Inversores para sistemas isolados 3.9 Dispositivos de proteção: disjuntores CA e CC, chaves seccionadoras, DPS CA e CC, fusíveis 3.10 Controladores de carga 3.11 Baterias estacionárias e outras</p> <p>4. Estruturas para a instalação de sistemas FV</p> <p>4.1 Estruturas civis para instalação de sistemas FV (madeira, metálica) 4.2 Elementos de fixação empregados em sistemas FV</p> <p>5. Leitura e interpretação de projetos FV</p> <p>5.1 Ordem de serviço 5.2 Check-list de avaliação do local 5.3 Check-list de ferramentas, máquinas e equipamentos 5.4 Procedimento operacional padrão 5.5 Desenhos técnicos 5.6 Diagramas elétricos: unifamiliares e multifamiliares 5.7 Layout 5.8 Manuais de fabricantes 5.9 Relatórios técnicos de diagnósticos, de conformidades e não conformidades e outros 5.10 Memorial descritivo 5.11 Relatório de comissionamento 5.12 Análise Preliminar de Risco</p>	<p>3.2.5 Multímetro 3.2.6 Terrômetro</p> <p>4. Instalação de sistemas FV</p> <p>4.1 Componentes do sistema: tipos, características, funções, requisitos de montagem e instalação e especificações técnicas</p> <p>4.2.1 Conectores solares 4.2.2 Módulos FV 4.2.3 Inversores para sistemas isolados 4.2.4 Dispositivos de proteção: disjuntores CA e CC, chaves seccionadoras, DPS CA e CC, fusíveis 4.2.5 Controladores de carga 4.2.6 Baterias 4.2.7 Cabos 4.2.8 Caixas de junção (string box)</p> <p>4.3 Instalações elétricas</p> <p>4.3.1 Tipos de recursos tecnológicos: máquinas, ferramentas, equipamentos e outros meios 4.3.2 Aterramento</p> <p>5. Manutenção e comissionamento dos sistemas</p> <p>5.1 Plano de Manutenção 5.2 Recursos tecnológicos: ferramentas, máquinas, equipamentos e insumos 5.3 Manutenção preventiva</p> <p>5.3.1 Limpeza dos módulos 5.3.2 Verificação de conexões elétricas 5.3.3 Verificação de conexões mecânicas 5.3.4 Verificação das estruturas de fixação</p> <p>5.4 Manutenção preditiva</p> <p>5.4.1 Gestão da manutenção: Análises de temperatura, vibração, conexões mecânicas e elétricas 5.5 Manutenção corretiva</p> <p>5.5.1 Técnicas de Diagnóstico 5.5.2 Substituição de componentes</p> <p>5.6 Comissionamento</p> <p>5.6.1 Norma de comissionamento: NBR 16274 5.6.2 Testes de continuidade 5.6.3 Testes de tensão de circuito aberto CC 5.6.4 Testes de corrente de curto-circuito CC 5.6.4 Teste de carga das baterias 5.6.5 Verificação e testes de aterramento</p>	<p>desenvolvimento de atividades do cotidiano</p> <p>2.7 Visão sistêmica 2.8 Responsabilidades socioambientais 2.9 Classificação e destinação de resíduos</p> <p>3. Habilidades básicas do relacionamento interpessoal</p> <p>3.1 Respeito às individualidades pessoais 3.2 Cordialidade 3.3 Disciplina 3.4 Empatia 3.5 Comunicação 3.6 Cooperação</p>
---	--	---

O curso foi segmentado em três módulos distintos, cada um projetado para aprimorar um conjunto de habilidades.

- i. *Módulo 1: Fundamentos da Tecnologia FV (12h - Teórico)*
 - a. Interpretar dados, informações, terminologias e especificações técnicas contidas em diferentes tipos de documentos relacionados a sistemas FV, inclusive em dispositivos móveis e sites de busca;
 - b. Reconhecer o conceito e os princípios da energia solar FV e da Solarimetria que se aplicam a sistemas FV isolados;
 - c. Reconhecer diferentes tipos, características e funções de componentes mecânicos e elétricos empregados em sistemas FV isolados;
 - d. Aplicar a terminologia técnica (relacionada à tecnologia FV) adequada.
- ii. *Módulo 2: Sistemas FV Isolados (24 h - Prático)*
 - a. Identificar situações de risco em contextos de montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;
 - b. Reconhecer os EPIs, EPCs e procedimentos de segurança mais comuns que se aplicam a diferentes contextos e circunstância da montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;
 - c. Reconhecer princípios básicos de organização e limpeza em ambientes de trabalho, considerando diferentes contextos da montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;

- d. Reconhecer diferentes tipos, características e as finalidades de documentos técnicos que apresentam referências e que orientam a realização de atividades em contextos de trabalho na montagem, instalação e manutenção de sistemas FV isolados;
 - e. Reconhecer estruturas e elementos constitutivos de obras civis que são base para a instalação de diferentes tipos de sistemas FV;
 - f. Reconhecer diferentes tipos, características e finalidades de recursos tecnológicos empregados em processos de montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;
 - g. Reconhecer as grandezas mecânicas que se aplicam a sistemas FV, suas unidades de medida e formas de conversão
 - h. Reconhecer os conceitos comissionamento e de manutenção preventiva, e corretiva de sistemas FV isolados.
- iii. *Módulo 3: Ética no trabalho (4h -Teórico)*
- a. Apresentar ferramentas básicas de controle de qualidade, suas características, finalidades e aplicações em processos de montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;
 - b. Aplicar princípios de conduta ética nas atividades do cotidiano ao lidar com a equipe e comunidade local;
 - c. Apresentar habilidades básicas do relacionamento interpessoal, como respeito, cordialidade, cooperação e empatia;
 - d. Reconhecer os princípios de preservação ambiental que se aplicam a processos de montagem, instalação e manutenção de sistemas FV;
 - e. Reconhecer processos de gerenciamento de resíduos gerados em diferentes etapas da montagem, instalação e manutenção de sistemas FV.
 - f. Aplicar os princípios e normas da linguagem culta na comunicação oral e escrita, considerando, especialmente, os princípios da coesão e coerência.

6. CONCLUSÕES

O crescente mercado de energia solar tem resultado em uma crescente demanda por profissionais qualificados nessa área. Com um nível de conhecimento ainda mais específico, a necessidade de profissionais qualificados para instalar e trabalhar no O&M de sistemas FV isolados de pequeno porte na região Amazônica também é uma realidade. Diversos obstáculos precisam ser vencidos para promover a eletrificação em zonas remotas da região Amazônica, tais como aprimorar a infraestrutura energética, implementar políticas e regulamentações que fomentem as energias renováveis e atrair investimentos privados substanciais para o setor de energia, além de construção de uma agenda de educação e capacitação técnica voltada para as necessidades da região.

Os resultados da pesquisa se fundamentam em um processo de entrevistas conduzido junto aos principais atores influentes nesse setor, incluindo integradores e instituições de ensino, destacando, assim, as demandas predominantes no mercado. As constatações ressaltam a insuficiência de ofertas de capacitação direcionada a sistemas FV isolados. Além disso, quando tais programas de formação estão disponíveis, eles frequentemente não atendem às especificidades do setor, negligenciando aspectos como a simulação e operação de sistemas FV isolados. Ademais, a pesquisa identificou desafios significativos na identificação de profissionais locais aptos a atender às necessidades do mercado, levando muitas vezes as empresas a assumirem a responsabilidade de prover os treinamentos necessários.

O itinerário formativo proposto teve como objetivo preencher as lacunas que distinguem o ensino relacionado à instalação e O&M de sistemas de energia FV conectados à rede daqueles voltados para sistemas FV isolados. Adicionalmente, busca fornecer orientações sobre competências comportamentais aos alunos, incluindo a promoção de virtudes e comportamento ético no ambiente profissional. A crescente demanda por capacitação na área de energia FV está intrinsecamente ligada à necessidade de desenvolver habilidades específicas para lidar com sistemas de pequeno porte que operam de forma isolada. Além disso, a formação em simulação de sistemas FV isolados e a qualificação de operadores de usinas FV tornam-se requisitos indispensáveis para atender às crescentes demandas do setor.

Os itens para consideração em estudos posteriores abrangem o aumento da diversidade de entrevistados para uma compreensão abrangente das necessidades de mercado e a execução do itinerário formativo em um curso específico para avaliar sua efetividade e adaptação às demandas reais da indústria.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, no âmbito do projeto “Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde” pelo suporte técnico e institucional para desenvolver este trabalho. A.M.F.G. e D.O.S. agradecem o apoio recebido da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através de suas bolsas doutorado, respectivamente. A.M.F.G. também expressa seus agradecimentos aos entrevistados que dedicaram seu tempo e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bhattacharyya, S. C.; Palit, D. Mini-grid based off-grid electrification to enhance electricity access in developing countries: What policies may be required? *Energy Policy*, v. 94, p. 166–178, 1 jul. 2016.
- Bigdeli, N. Optimal management of hybrid PV/fuel cell/battery power system: A comparison of optimal hybrid approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 377–393, 1 fev. 2015.
- Bortolini, M. *et al.* Economic and environmental bi-objective design of an off-grid photovoltaic–battery–diesel generator hybrid energy system. *Energy Conversion and Management*, v. 106, p. 1024–1038, 1 dez. 2015.
- Brasil. Programa Luz para Todos. Acesso em: 14 out. 2023.
- Brasil. Lei no 11.741, de 16 de julho de 2008.
- Brasil. Programa Mais Luz para a Amazônia. Acesso em: 14 out. 2023a.
- Brasil. Portaria no 941, de 11 de novembro de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou>>. Acesso em: 3 nov. 2023b.
- Brasil. Qualifica Mais - EnergIFE. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/qualificamais/qualifica-mais-energife-1>>. Acesso em: 2 nov. 2023.
- Dallabona, C. A.; Fariniuk, T. M. D. EPT no Brasil: Histórico, Panorama E Perspectivas. *Poiésis - Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação*, v. 10, p. 46, 24 nov. 2016.
- EPE. Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados Horizonte 2023-2027 - Ciclo 2022. Rio de Janeiro: [s.n.].
- Filho, M. H. De O. P. *et al.* Desenvolvimento de itinerários formativos para a educação profissional e tecnológica na área de energia solar fotovoltaica. Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS 2018, 1 dez. 2018.
- Garlet, T. B. *et al.* Value chain in distributed generation of photovoltaic energy and factors for competitiveness: A systematic review. *Solar Energy*, v. 211, p. 396–411, 15 nov. 2020.
- Gómez, M. F.; Téllez, A.; Silveira, S. Exploring the effect of subsidies on small-scale renewable energy solutions in the Brazilian Amazon. *Renewable Energy*, v. 83, p. 1200–1214, nov. 2015.
- Greener. Estudo estratégico – Geração Distribuída – Mercado Fotovoltaico – 1o Semestre de 2023. 2023.
- Greener; Newcharge. Estudo Estratégico – Mercado de Armazenamento: Aplicações, Tecnologias e Análises Financeiras. São Paulo: Grenner, 2021.
- IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - Características gerais dos domicílios e dos moradores 2022.
- IRENA. Solar PV: A gender perspective. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022.
- IRENA. Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023. Geneva: Abu Dhabi and International Labour Organization, 2023.
- Lakatos, E. M.; Marconi, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- Levy, S. A. *et al.* Deforestation in the Brazilian Amazon could be halved by scaling up the implementation of zero-deforestation cattle commitments. *Global Environmental Change*, v. 80, p. 102671, maio 2023.
- López-González, A.; Domenech, B.; Ferrer-Martí, L. Lifetime, cost and fuel efficiency in diesel projects for rural electrification in Venezuela. *Energy Policy*, v. 121, p. 152–161, 1 out. 2018.
- Mazzone, A. Decentralised energy systems and sustainable livelihoods, what are the links? Evidence from two isolated villages of the Brazilian Amazon. *Energy and Buildings*, v. 186, p. 138–146, 1 mar. 2019.
- MEC. Conheça o Programa EnergIF. Disponível em: <<http://energif.mec.gov.br/sobre>>. Acesso em: 3 nov. 2023.
- ONS. Sobre o SIN - O que é o SIN? Disponível em: <<http://www.ons.org.br:80/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>.
- ONS. Plano Anual da Operação Energética dos Sistemas Isolados para 2023. [s.l: s.n.].
- Soares-Filho, B. S. *et al.* Contribution of the Amazon protected areas program to forest conservation. *Biological Conservation*, v. 279, p. 109928, mar. 2023.
- Solar Power Europe. Solar PV Jobs & Value Added in Europe.
- Van Els, R. H.; De Souza Vianna, J. N.; Brasil, A. C. P. The Brazilian experience of rural electrification in the Amazon with decentralized generation – The need to change the paradigm from electrification to development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 3, p. 1450–1461, 1 abr. 2012.

PROFESSIONAL AND TECHNOLOGICAL EDUCATION: EDUCATIONAL STRATEGIES IN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN REMOTE AREAS LOCATED IN THE AMAZON REGION

Abstract. Brazil more than 200 isolated systems whose electricity supply depends mainly on non-renewable energy sources derived from oil. The hybridization of these systems is essential to reduce the environmental, economic, and social impact in Brazil. The installation, operation and maintenance of off-grid photovoltaic systems require trained professionals. Therefore, this work aims to develop a training itinerary for vocational and technological education focused on small isolated systems in the Amazon rainforest, capable of guiding technical schools and teachers in the implementation of new solar energy courses. The methodology used was based on identifying and mapping the main relevant actors, conducting interviews, designing a training program for teachers in training centers, and developing training content. In this way, a 40-hour course was proposed with the aim of developing the technical, social, organizational, and methodological skills needed to carry out assembly services for components and mounting structures, installation, and maintenance of small isolated photovoltaic systems, taking into account the project

requirements, standards and technical, regulatory, health, safety and environmental references applicable to the process. As part of the process, teachers were trained for the future implementation of the proposed course.

Keywords: *Solar Energy, Professional and Technological Education, Isolated Systems.*