



MINI USINA FOTOVOLTAICA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA: UMA ABORDAGEM PLB-STEM NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6190

Autores: JOEL PIRES MACHADO

Resumo: Este artigo propõe uma metodologia pedagógica inovadora para o ensino em cursos superiores de tecnologia, baseada na construção e aplicação de uma célula didática funcional de uma usina fotovoltaica. Integrando os princípios da abordagem STEM com metodologias ativas como Aprendizagem Baseada em Projetos, Aprendizagem Baseada em Problemas, o modelo experiencial de Kolb e o Learning by Doing, a proposta visa promover a formação integral dos estudantes, articulando teoria e prática. Os resultados indicam elevado engajamento discente, desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais, além da consolidação do aprendizado por meio da resolução de problemas reais. A metodologia demonstrou-se viável, replicável e com potencial de aplicação em diversos contextos educacionais na área de engenharia e tecnologias.

Palavras-chave: Educação STEM, Aprendizagem Baseada em projetos, Usina fotovoltaica

MINI USINA FOTOVOLTAICA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA: UMA ABORDAGEM PLB-STEM NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da educação em engenharia tem demandado abordagens pedagógicas que estimulem a aprendizagem ativa, a autonomia dos estudantes e a integração entre teoria e prática. Diante da necessidade de formar profissionais capazes de atuar em contextos cada vez mais complexos e interdisciplinares, metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning – PBL*), a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning*), o modelo de aprendizagem experiencial de Kolb e a abordagem do "aprender fazendo" (*Learning by Doing*) vêm ganhando destaque nos currículos dos cursos de Engenharia e Tecnologias.

No contexto das Faculdades de Tecnologia, que tradicionalmente mantêm uma forte conexão com as demandas do setor produtivo e priorizam a aplicação prática do conhecimento, a adoção dessas metodologias se mostra particularmente pertinente. Além disso, a crescente relevância das fontes renováveis de energia — com destaque para a energia solar fotovoltaica — impõe aos cursos da área a responsabilidade de preparar estudantes capazes de compreender e operar sistemas de geração distribuída de energia de forma crítica e aplicada.

Este artigo propõe uma metodologia de ensino inovadora baseada na construção e utilização de uma célula didática funcional de uma usina fotovoltaica, integrando os princípios da abordagem STEM às metodologias ativas citadas. A proposta visa proporcionar aos estudantes uma experiência de aprendizagem significativa, centrada na resolução de problemas reais e no desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais, essenciais à atuação profissional no setor de energia.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico que fundamenta a proposta; a seção 3 descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento e aplicação da célula didática; a seção 4 discute os resultados preliminares e as percepções dos envolvidos; e, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais e perspectivas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A formação de engenheiros no século XXI exige práticas pedagógicas que transcendam a transmissão tradicional de conteúdo, promovendo o desenvolvimento de competências críticas, técnicas e colaborativas. Nesse cenário, destacam-se as abordagens STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e as metodologias ativas de aprendizagem, que favorecem a interdisciplinaridade, a resolução de problemas e a construção significativa do conhecimento.

A abordagem STEM tem como premissa a integração das quatro áreas centrais do conhecimento técnico-científico, com foco na aplicação prática e contextualizada. Estudos como os de Beers (2011) e Sanders (2009) apontam que a educação STEM prepara os estudantes para lidar com problemas do mundo real, estimulando o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de inovação — habilidades centrais à formação em engenharia.

Como complemento, a Aprendizagem Baseada em Projetos (*PBL – Project-Based Learning*) propõe que os estudantes desenvolvam conhecimentos e habilidades por meio da elaboração e execução de projetos autênticos, colaborativos e interdisciplinares. Segundo Thomas (2000), essa metodologia promove o engajamento ativo dos estudantes ao vincular o processo de aprendizagem a desafios concretos e relevantes.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (*PBL – Problem-Based Learning*) compartilha princípios semelhantes, mas se concentra na investigação e resolução de um problema central como eixo organizador do processo de ensino-aprendizagem. Conforme Barrows e Tamblyn (1980), essa abordagem estimula a autonomia, o raciocínio lógico e a capacidade de tomada de decisão dos estudantes, elementos fundamentais no contexto da engenharia aplicada.

O modelo de aprendizagem experiencial de Kolb (1984) fornece a estrutura teórica que sustenta a prática reflexiva durante o processo de aprendizagem. A partir de um ciclo que envolve a experiência concreta, a observação reflexiva, a conceitualização abstrata e a experimentação ativa, esse modelo permite que os estudantes atribuam sentido ao conhecimento adquirido por meio da prática.

Por fim, a abordagem do *Learning by Doing*, originalmente proposta por John Dewey (1938) e resgatada em diversas práticas contemporâneas, reforça a ideia de que a aprendizagem se consolida por meio da ação. Ao trabalhar com projetos práticos, como a construção de uma célula didática de usina fotovoltaica, os estudantes têm a oportunidade de aprender de forma autêntica, contextualizada e com aplicabilidade imediata.

A integração dessas abordagens constitui uma base sólida para a proposta metodológica apresentada neste trabalho, ao promover uma aprendizagem centrada no estudante, com ênfase na construção ativa do conhecimento e no enfrentamento de desafios reais do setor energético.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada com o objetivo de desenvolver uma célula didática funcional de uma usina fotovoltaica, integrando os princípios da abordagem STEM com estratégias de Aprendizagem Baseada em Projetos (*PBL*), Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Experiencial e *Learning by Doing*. O projeto foi conduzido em parceria com docentes e estudantes de cursos de Engenharia e Tecnologia de uma Instituição de Ensino Superior Tecnológico, com enfoque em eletrotécnica, energias renováveis e automação.

3.1 Etapas do projeto

O desenvolvimento da proposta se deu em quatro etapas principais:

Acoplamento pedagógico e definição de escopo:

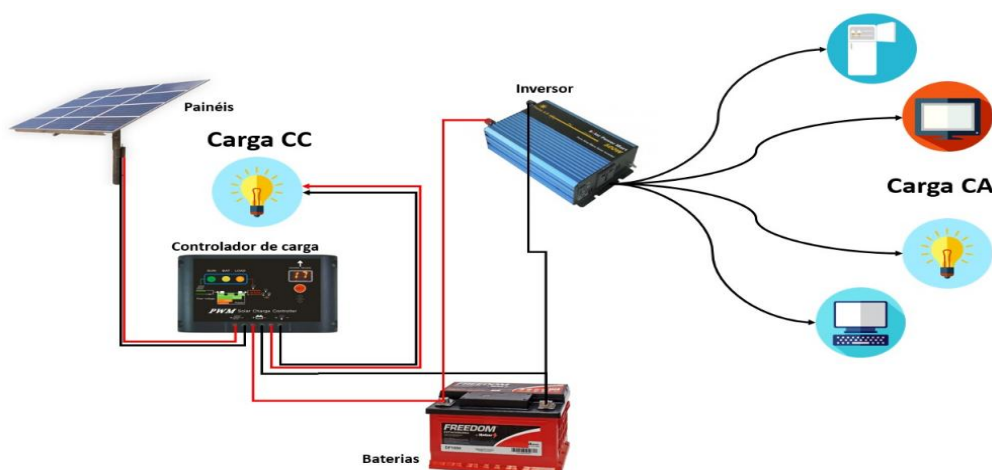
Nesta fase, foram definidos os objetivos de aprendizagem, competências a serem desenvolvidas e os conteúdos curriculares envolvidos. A escolha da energia solar fotovoltaica como tema central se deu pela sua relevância social, econômica e ambiental, além de seu potencial para integrar conhecimentos de eletrônica, física, matemática e sustentabilidade.

Construção colaborativa da célula didática:

Com base em recursos acessíveis e componentes reais de sistemas fotovoltaicos (painéis, inversores, controladores de carga, banco de baterias, sensores e microcontroladores), foi projetada uma mini usina didática. O projeto foi elaborado em conjunto por professores e estudantes, seguindo princípios de prototipagem rápida, segurança elétrica e aplicabilidade pedagógica. A seguir, destacaremos as especificações técnicas dos componentes utilizados, detalhando suas características fundamentais, funções dentro do sistema e critérios que orientaram sua escolha para garantir eficiência, segurança e facilidade de manuseio durante as atividades didáticas. Esses aspectos são essenciais para proporcionar uma experiência prática e alinhada às necessidades pedagógicas, estimulando o aprendizado ativo e a compreensão dos princípios de energia fotovoltaica.

Especificações Técnicas:

Figura 1: componentes de geração energia fotovoltaica



Fonte: MUSSATO, 2022.

Painel Fotovoltaico:

Material: Silício Policristalino; Tensão: 5V; Potência: 1W; Corrente: 200mA;
Dimensões: 70x100mm; Peso: 25g.

Controlador:

Modelo: XH-M603; Tensão de entrada: DC10~30V; Controle Atual: Máximo 20ª;
Tipo de saída: saída direta; Âmbito de aplicação: 12 ~ 24V várias baterias; Dimensões:
82"58"18mm; Peso: 40g

Baterias:

Modelo: BTX11 B5; Tensão: 12V DC; Dimensões: 150"87"132mm; Peso: 1,2kg;

Inversor:

Voltagem Nominal: 12V DC; Tensão de Saída: 110V / 120V; Frequência; 60Hz;
Potência Máxima: 1000W 15 min; Peso: 3,6kg;

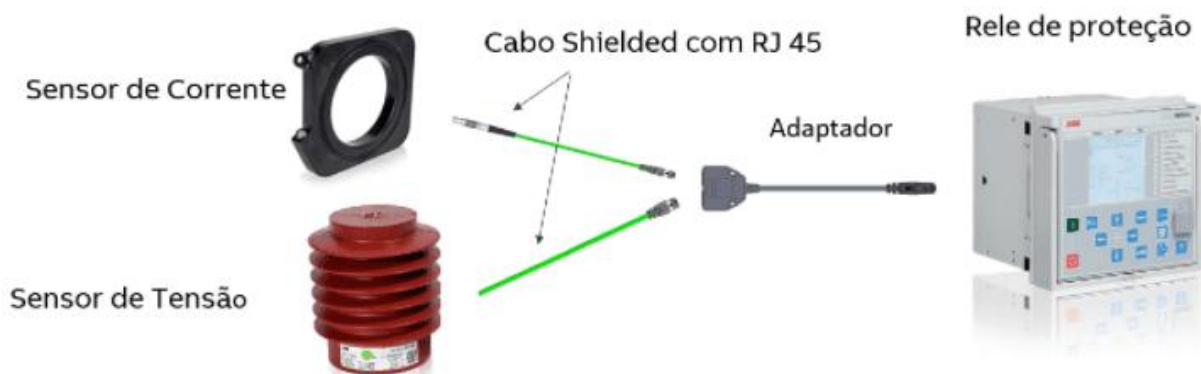
Sensores.

O sensor de tensão é um dispositivo passivo que funciona com base no princípio dos divisores de tensão, que podem ser resistivos ou capacitivos. Nesse sistema, a

tensão de saída (secundária) é diretamente proporcional à tensão aplicada na entrada, permitindo medir com precisão o valor da tensão elétrica.

Sensores de corrente baseados na bobina de Rogowski usam um núcleo toroidal não magnético ao redor do condutor. A corrente alternada gera um campo magnético que induz uma tensão na bobina, proporcional à derivada da corrente. Para obter o sinal da corrente, realiza-se a integração dessa tensão, segundo que relata Baracioli, Marcelo (2022).

Figura 2 Sensores.



Fonte: BARACIOLI, MARCELO (2022).

Microcontrolador:

O ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia, desenvolvido pela *Espressif Systems*. Possui *Wi-Fi*, *Bluetooth* e diversos periféricos integrados, sendo ideal para projetos de IoT, mas também aplicável em robótica, automação e entretenimento. Conta com processador *dual-core*, memória interna e suporte à programação em C/C++, além de ser compatível com Arduino IDE e ESP-IDF.

Figura 3 Microcontrolador



Fonte: ELETROGATE (20??)

Aplicação didática e atividades práticas:

A célula foi utilizada em atividades de ensino que envolveram desde o dimensionamento do sistema, análise de viabilidade, simulações computacionais até a montagem, monitoramento e coleta de dados do sistema em operação. As atividades foram organizadas em torno de problemas reais propostos aos estudantes, como o fornecimento de energia para cargas específicas em ambientes isolados ou a integração com redes inteligentes (*smart grids*), seguindo abordagens que priorizam o desenvolvimento de competências práticas e análise de dados, como sugerem Santos (2025) e Jesus (2022). O uso de softwares de simulação, aliado à prática experimental, potencializa o aprendizado, permitindo que os alunos explorem diferentes cenários de

operação e compreendam os desafios tecnológicos envolvidos (Santos, 2025; Jesus, 2022).

Avaliação e reflexão crítica:

Ao final do processo, foram realizados momentos de avaliação formativa e reflexiva, nos quais os estudantes apresentaram os resultados dos projetos, compartilharam aprendizados e analisaram os desafios enfrentados. A equipe docente também avaliou o desempenho técnico e a participação ativa dos estudantes, com base em rubricas previamente estabelecidas.

3.2 Ambiente e recursos utilizados

As atividades foram desenvolvidas em laboratório didático da instituição, equipado com infraestrutura básica de energia elétrica e sistemas de medição. Softwares de simulação (como *PVsyst* e *Proteus*) foram utilizados na fase de projeto e análise, enquanto plataformas como Arduino e ESP32 permitiram a automação e o monitoramento dos dados em tempo real.

Figura 4: Laboratório de elétrica



Fonte: Elaborada pelo Autor.

3.3 Perfil dos participantes

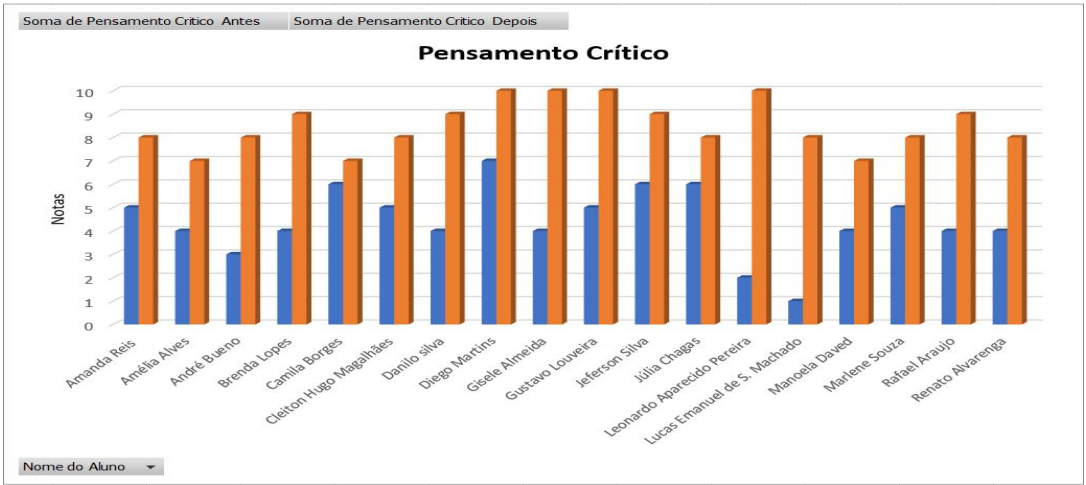
Participaram da implementação 28 estudantes de cursos superiores de tecnologia (Tecnologia em Energias Renováveis e Tecnologia em Automação Industrial), além de três professores das áreas de eletricidade, energias renováveis e metodologias ativas. A seleção foi feita de forma voluntária, por meio de edital interno da instituição.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A implementação da célula didática baseada em uma usina fotovoltaica real proporcionou uma série de benefícios pedagógicos observados ao longo do projeto, tanto no desempenho técnico dos estudantes quanto no desenvolvimento de competências

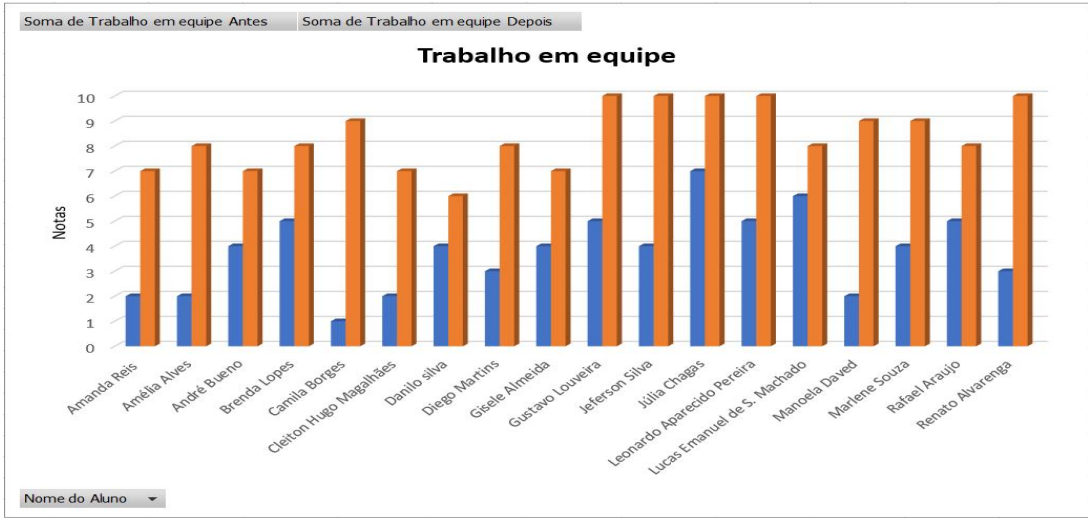
transversais, como autonomia, colaboração e pensamento crítico, verificados através de desafios que exigiam a criatividade e o trabalho em equipe.

Gráfico 1-Criatividade.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Gráfico 2-Trabalho em equipe



Fonte Elaborada pelo Autor.

4.1 Engajamento e protagonismo discente

Um dos principais resultados observados foi o elevado grau de engajamento dos estudantes. Desde a fase de planejamento até a entrega final dos projetos, os participantes demonstraram postura proativa na busca por soluções, no estudo autodirigido de conceitos técnicos e na colaboração entre diferentes áreas do conhecimento. Esse comportamento corrobora os pressupostos da aprendizagem ativa, conforme apontado por Kolb (1984) e Thomas (2000), indicando que a imersão em contextos reais favorece o protagonismo estudantil.

4.2 Integração de conhecimentos multidisciplinares

A proposta exigiu a aplicação integrada de conteúdos de eletricidade, energia solar, automação, eletrônica e sustentabilidade, o que favoreceu a interdisciplinaridade característica da abordagem STEM. Além disso, os estudantes precisaram lidar com conceitos de dimensionamento, eficiência energética, perdas elétricas e protocolos de comunicação de sensores, o que promoveu a articulação entre teoria e prática de forma concreta e contextualizada.

4.3 Aprendizado técnico e resolução de problemas

Durante o processo de montagem e testes da célula didática, os estudantes enfrentaram diversos desafios técnicos, como falhas em conexões, dimensionamento inadequado de componentes e problemas de monitoramento de dados. Esses momentos se configuraram como oportunidades de aprendizagem significativa, alinhadas à lógica da Aprendizagem Baseada em Problemas. Os relatos dos participantes indicaram que a resolução desses impasses contribuiu fortemente para a consolidação do conhecimento técnico.

4.4 Avaliação qualitativa dos participantes

Foram aplicados questionários abertos e semiestruturados com os estudantes ao final do projeto, com foco na percepção sobre a metodologia adotada. As respostas evidenciaram uma avaliação positiva da experiência, com destaque para o “aprendizado prático”, a “autonomia para pesquisar e resolver problemas” e a “motivação gerada pelo desafio real”. Os professores também relataram uma melhora perceptível no desempenho dos estudantes, especialmente em relação à argumentação técnica, organização do raciocínio e tomada de decisão.

Figura 5 Questionário para avaliação do projeto

Questionário de Avaliação da Metodologia do Projeto - Word

Joel Machado

Arquivo Página Inicial Inserir Design Layout Referências Correspondências Revisão Exibir Zotero Ajuda Acrobat Diga-me o que você deseja fazer Compartilhar

Questionário de Avaliação da Metodologia do Projeto

Objetivo: Este questionário tem como objetivo compreender a percepção dos estudantes sobre a metodologia utilizada durante o projeto, identificando pontos fortes, desafios e aprendizados.

Parte 1: Dados Gerais

1. Nome (opcional): _____
2. Curso/Série: _____
3. Idade: _____
4. Já participou de projetos com metodologias semelhantes antes? () Sim () Não

Parte 2: Percepções sobre o Projeto

5. Como você descreveria sua experiência geral com o projeto?
6. Em sua opinião, quais foram os principais aprendizados adquiridos durante o projeto?
7. Como você avalia o uso de **aprendizado prático** durante as atividades?
8. Você sentiu que teve **autonomia para pesquisar e resolver problemas** por conta própria? Descreva como isso aconteceu.
9. O fato de o projeto envolver um **desafio real** aumentou sua motivação? Por quê?
10. Quais foram as maiores dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento do projeto?
11. Em que aspectos você percebe que melhorou, como por exemplo:
 - o Argumentação técnica
 - o Organização do raciocínio
 - o Tomada de decisão
 (Explique com suas palavras)

Parte 3: Sugestões e Avaliação Final

12. O que você mudaria ou sugeriria para melhorar essa metodologia em projetos futuros?
13. Você recomendaria essa experiência para outros estudantes? Justifique sua resposta.

Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar o Windows.

Página 1 de 1 203 palavras Português (Brasil)

Pesquisar 20°C Ensolarado 13:53 30/05/2025

Fonte: Elaborada pelo Autor.

4.5 Limitações e possibilidades

Entre as limitações identificadas, destacam-se a necessidade de tempo adicional para planejamento docente e o custo inicial dos componentes da célula fotovoltaica. No entanto, os benefícios observados em termos de aprendizagem justificam o investimento, especialmente se considerados os ganhos em longo prazo com a reutilização da célula em múltiplas turmas e contextos. A proposta também se mostra escalável, podendo ser adaptada para outras áreas da engenharia ou para diferentes níveis de complexidade técnica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma proposta metodológica voltada à educação em engenharia e tecnologias, baseada na construção e aplicação de uma célula didática funcional de uma usina fotovoltaica. A iniciativa integrou fundamentos da abordagem STEM com metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos,

Aprendizagem Baseada em Problemas, o modelo de aprendizagem experiencial de Kolb e a filosofia do *Learning by Doing*.

Os resultados indicam que a aplicação da metodologia promoveu um ambiente de aprendizagem ativo, colaborativo e interdisciplinar, favorecendo o engajamento discente e o desenvolvimento de competências técnicas e socioemocionais. A experiência prática proporcionada pela célula didática permitiu aos estudantes vivenciar situações reais de projeto, montagem e análise de sistemas fotovoltaicos, o que reforça o potencial da proposta como ferramenta formativa no contexto do ensino superior tecnológico.

Embora tenha demandado planejamento cuidadoso e investimentos iniciais em infraestrutura, a metodologia demonstrou ser viável e replicável em outras instituições de ensino e em diferentes contextos curriculares, desde que adaptada às especificidades locais. A célula didática, além de seu uso pedagógico direto, também se configura como um recurso de apoio à extensão universitária e à conscientização sobre o uso de energias renováveis.

Como desdobramentos futuros, propõe-se o aprofundamento da avaliação do impacto da metodologia sobre o desempenho acadêmico e profissional dos estudantes, bem como a ampliação da proposta para outras áreas da engenharia, incorporando aspectos de automação, monitoramento remoto e análise de dados. Acredita-se que essa abordagem possa contribuir significativamente para a modernização dos currículos e para a formação de profissionais mais preparados para os desafios contemporâneos da transição energética e da sustentabilidade.

REFERENCIAS

BARACIOLI, Marcelo. **Uso de sensores de tensão e corrente em painéis de média tensão**. 2022. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/uso-de-sensores-de-corrente-e-tensao-em-paineis-de-media-tensao/>. Acesso em: 27 maio 2025.

BARROWS, Howard; TAMBLYN, Robyn. **Problem-based learning: an approach to medical education**. New York: Springer Publishing Company, 1980. 1 v. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=9u5DJuQq2UC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Problem+based+learning:+an+approach+to+medical+education&ots=k4NOnz1Gk4&sig=MXxHwQaX2iCIDMP3A2uN9jpKgqg#v=onepage&q=Problembased%20learning%3A%20an%20approach%20to%20medical%20education&f=false>. Acesso em: 27 maio 2025.

BEERS, B. 21st century skills: **preparing students for their future**. 2011. Disponível em: <https://www.21stcenturyskills.org/documents/21st-century-skills.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

DEWEY, J. **Democracy and education: an introduction to the philosophy of education**. New York: Macmillan, 1938.

ELETROGATE. **Módulo WiFi ESP32 Bluetooth 30 pinos**. 20???. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp32-bluetooth-30-pinos>. Acesso em: 27 maio 2025.

JESUS, Ábio Xavier Cardoso de. **Análise do Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Utilizando o Software PVsyst Aplicado ao Ensino de Engenharia Elétrica**. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais) – Instituto Federal de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/>. Acesso em: 27 maio 2025.

KOLB, David.A. **Experiential Learning**: experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs,: Prentice Hall., 1984. 256 p

MUSSATO, Alexandre. **O que é Energia Solar**: tudo sobre energia solar fotovoltaica. Tudo sobre energia solar fotovoltaica. 2022. Disponível em: <https://in.pinterest.com/pin/1147925392493605557/>. Acesso em: 27 maio 2025.

SANDERS, M. E. STEM, STEM education, STEMmania. **The Technology Teacher**, v. 68, n. 4, p. 20–26, 2009.

SANTOS, S. A. F. dos. **Integração de Atividades Computacionais e Experimentais no Ensino de Eletrônica Analógica**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto Federal do Maranhão, São Luís, 2025. Disponível em: <https://sis.sig.uema.br/>. Acesso em: 27 maio 2025.

THOMAS, J. W. **A review of research on project-based learning**. 2000. Disponível em: <https://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025

TITLE:

MINI PHOTOVOLTAIC PLANT AS A TEACHING TOOL: A PLB-STEM APPROACH IN ENGINEERING EDUCATION

ABSTRACT:

This paper proposes an innovative pedagogical methodology for higher education technology courses, based on the construction and application of a functional didactic photovoltaic power plant unit. Integrating STEM principles with active learning methodologies such as Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Kolb's experiential learning model, and Learning by Doing, the proposal aims to promote comprehensive student development by articulating theory and practice. Results indicate high student engagement, development of technical and socio-emotional competencies, and consolidation of learning through real-world problem solving. The methodology proved feasible, replicable, and applicable in diverse educational contexts within engineering and technology fields.

KEYWORDS:

STEM Education; Project-Based Learning; Photovoltaic Power Plant; Active Methodologies; Engineering Education.

