



EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE POR MEIO DE FORNOS SOLARES

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6358

Autores: ISABELY CRISTINA DE CARVALHO SIQUEIRA, AMANDA BEATRIZ JUSTINIANO DE SOUZA, ANA PAULA MATTOS, ISABELLI SANTA ROSA DA SILVA, BRUNA MAIA DOS SANTOS

Resumo: Este artigo apresenta uma experiência de ensino utilizando fornos solares como ferramenta educativa em cursos de Engenharia, com foco na sustentabilidade e em metodologias ativas de aprendizagem. A iniciativa foi realizada por meio de uma oficina interdisciplinar baseada na Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PBL). Estudantes de Engenharia da Universidade Federal do Pará participaram da construção de fornos solares com materiais acessíveis e refletiram sobre conceitos como eficiência energética, responsabilidade socioambiental e inovação. Os resultados mostram que a atividade promoveu o protagonismo estudantil, a integração entre teoria e prática e uma compreensão mais aprofundada dos desafios da sustentabilidade na engenharia. A iniciativa demonstrou forte potencial de replicação em outros contextos educacionais e comunitários.

Palavras-chave: Aprendizagem Ativa, Forno Solar, PBL

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE POR MEIO DE FORNOS SOLARES

1 INTRODUÇÃO

A formação de profissionais, como engenheiros, envolve o domínio do desenvolvimento de competências interdisciplinares, juntamente com a necessidade da capacidade técnica aliada à resolução de problemas. (Reis, Alves e Wendland, 2023). Neste contexto, metodologias ativas que integrem prática, teoria e responsabilidade socioambiental ganham relevância, promovendo um processo de ensino que foca na autonomia do aluno, reflexão, problematização da realidade, trabalho em equipe e inovação. Com isso, o aluno tem um papel mais ativo no aprendizado enquanto o professor se torna um facilitador, resultando uma maior compreensão e atenção por parte do aluno em relação aos conteúdos abordados. (Reis, Alves e Wendland, 2023; Rufino et al, 2024)

Nesse cenário, o forno solar pode ser uma ferramenta simples, acessível e eficiente para trabalhar conceitos de engenharia térmica, materiais, sustentabilidade e energias renováveis em ambientes educacionais. Estes equipamentos funcionam concentrando os raios solares em uma área específica convertendo a radiação solar em energia térmica para o cozimento de modelos (Rodrigues; Silva; 2023). Sendo uma solução tecnológica que pode ser criada a partir de materiais reciclados ou de baixo custo, assim promovendo o uso responsável dos recursos naturais, portanto, sendo também um instrumento também de educação ambiental (Gallego et al. 2014; Virolli; De Souza e Carvalho, 2023; Lyra, 2025)

Diante disso, o projeto de extensão Mulheres em STEMS: desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de baixo custo propôs a realização de uma oficina interdisciplinar voltada para estudantes e a comunidade geral, abordando os fundamentos teóricos e práticos da fabricação de um forno solar. A iniciativa buscou estimular o pensamento interdisciplinar e a conscientização ambiental, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, as ODS. O objetivo deste artigo é apresentar como o forno solar pode ser aplicado ao ensino de conceitos científicos e tecnológicos de forma prática e sustentável, promovendo a integração entre teoria e prática no contexto da Educação em Engenharia.

2 JUSTIFICATIVA

A utilização de metodologias ativas na Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) no ensino de Engenharia, como o desenvolvimento de fornos solares, proporciona uma formação mais completa e significativa, permitindo que o estudante se torne protagonista da própria aprendizagem. Além disso, o projeto contribui para a promoção de práticas sustentáveis, alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) e o ODS 4 (Educação de Qualidade). A construção do forno solar com materiais de baixo custo ou reciclados também reforça a importância da educação ambiental e do consumo consciente, tornando-o uma ferramenta versátil e impactante tanto no contexto acadêmico quanto comunitário.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia Ativa (PBL)

As metodologias ativas podem ser entendidas como métodos de ensino que envolvam ativamente os estudantes durante o processo de aprendizagem (Reis; Alves & Wendland, 2023). Utilizando ferramentas que estimulam a participação, a colaboração e a resolução de problemas, de maneira a promover maior engajamento dos alunos e incentivando a construção do conhecimento de forma mais autônoma e significativa.

Uma abordagem dentro das metodologias ativas é a Aprendizagem Baseada em Problemas ou Projetos (ABP ou *Problem/Project-Based Learning* — PBL), que consiste em apresentar aos estudantes problemas ou situações reais, relacionadas ao contexto e à vida cotidiana. A partir desses desafios, os alunos são estimulados a identificar necessidades de aprendizagem, investigar possíveis soluções e desenvolver propostas viáveis (Akili, 2011; Justo e Delgado, 2015; Reis; Alves & Wendland, 2023).

Neste estudo, aplicou-se a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PBL), com o objetivo de explorar o uso de fornos solares como ferramenta didática em disciplinas de cursos de Engenharia. A atividade foi estruturada em etapas que envolveram pesquisa teórica, planejamento, construção e teste de protótipos de fornos solares, com foco em conceitos de transferência de calor, eficiência energética e sustentabilidade.

Organizou-se os estudantes em grupos e desafiados a resolver problemas reais relacionados ao aproveitamento da energia solar, considerando aspectos técnicos, ambientais e sociais. A dinâmica exigiu a identificação de demandas de aprendizagem, levantamento de dados, aplicação de conhecimentos interdisciplinares e desenvolvimento de soluções práticas. Para orientar a elaboração e aplicação da abordagem baseada em projetos e problemas (PBL), considerou-se alguns pontos-chave os quais são descritos no “Quadro 1”.

Quadro 1 – Pontos-chave da aplicação da metodologia PBL no projeto dos fornos solares

PONTOS - CHAVES
1. Fundamentou-se o desenvolvimento do projeto em uma situação com aplicabilidade prática, ao propor o uso de fornos solares como alternativa viável e sustentável para o preparo de alimentos.
2. Delimitou-se a questão central do projeto, orientando os participantes a investigar formas eficientes de construir um forno solar, articulando conhecimentos teóricos e práticos.
3. As atividades exigiram a mobilização crítica de conteúdos programáticos, especialmente relacionados aos conceitos de transferência de calor, isolamento térmico, reflexão solar, eficiência energética e sustentabilidade.
4. Os alunos tiveram autonomia para definir a profundidade de suas investigações, o que possibilitou diferentes níveis de exploração dos conteúdos e soluções propostas.
5. O processo promoveu o desenvolvimento do pensamento crítico e da tomada de decisões, especialmente nas etapas de formulação de hipóteses e durante a construção e testes dos protótipos.
6. A avaliação do projeto foi orientada por critérios previamente estabelecidos, considerando aspectos como a funcionalidade do forno, a fundamentação teórica

apresentada e a coerência das decisões tomadas pelos grupos.

Fonte: Adaptado de Crestani & Machado (2023).

3.2 Oficina e Instrumentos de Avaliação

Como estratégia para aplicar a metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PBL), convidou-se estudantes dos cursos de Engenharia da Universidade Federal do Pará (UFPA) para participar de uma oficina interdisciplinar, ministrada pelas integrantes do projeto. Realizou-se a seleção por meio de um formulário online, divulgado em redes sociais.

Participaram cinco estudantes, selecionados com base no grau de instrução já alcançado em seus cursos, priorizando-se alunos do primeiro semestre. Essa escolha teve como objetivo avaliar o potencial da atividade como ferramenta introdutória na formação em Engenharia.

Estruturou-se a oficina baseada nas etapas do PBL, contemplando: apresentação do problema, análise inicial, investigação, desenvolvimento de solução e avaliação/reflexão. As atividades abrangeram desde a observação de um forno solar modelo até a construção prática de protótipos, realização de experimentações e discussões guiadas, resultando em uma análise crítica sobre sustentabilidade e aprendizagem. A metodologia completa está descrita no “Quadro 2”.

Quadro 2 – metodologia aplicada na Oficina.

Etapas da oficina estruturadas segundo a metodologia PBL	
Apresentação do problema (Dia 01)	1. Expor o desafio é estimular a discussão (vídeo, artigo, contexto real). 2. Breve apresentação do projeto e questionário 1.
Análise inicial (Dia 01)	3. Os alunos devem listar o que sabem e o que precisam saber sobre fornos solares. 4. Realizar pesquisa teórica e individual sobre o projeto.
Investigação (Dia 02)	5. Pesquisa teórica + experimentação prática com o forno solar para avaliação de desempenho dos fornos (temperatura, tempo de cozimento, eficiência térmica).
Desenvolvimento de solução (Dia 02)	6. Questionário e entrevistas com estudantes para avaliar o impacto do projeto em sua aprendizagem e percepção sobre sustentabilidade.
Avaliação e reflexão (Dia 02)	7. Discussão sobre o que foi aprendido e como o forno ajudou no processo, e questionário 2

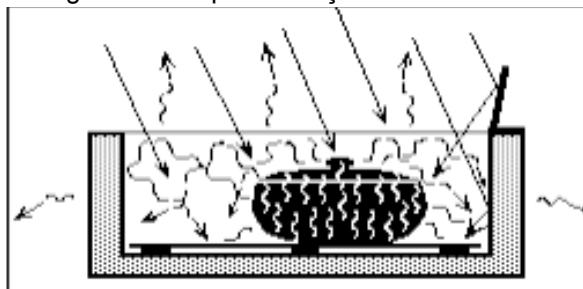
Fonte: Autoras

3.3 Forno Solar

O forno solar utiliza uma tecnologia de cocção de alimentos baseada na conversão direta da energia luminosa proveniente dos raios solares em energia térmica (Neto; Luiz et al., 2019). Existem diferentes modelos de fornos solares, entretanto, o tipo caixa destaca-se por sua simplicidade construtiva, podendo ser fabricado com materiais de fácil aquisição e disponíveis localmente, o que o torna uma opção acessível para diversas regiões.

A conversão térmica da radiação solar ocorre por meio do chamado efeito estufa (Santos Filho; Silva, 2008; Nogueira, 2018). Esse efeito se manifesta quando a radiação solar atravessa o vidro do forno em forma de luz visível e é absorvida pelas superfícies internas “Figura 1”. Essa energia luminosa é então transformada em calor, que não consegue escapar com a mesma facilidade devido à barreira imposta pelo vidro e ao isolamento térmico das paredes. Essa retenção de calor no interior do forno configura uma armadilha térmica, responsável pela elevação rápida e eficiente da temperatura (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2012).

Figura 1 – Esquemática do efeito estufa



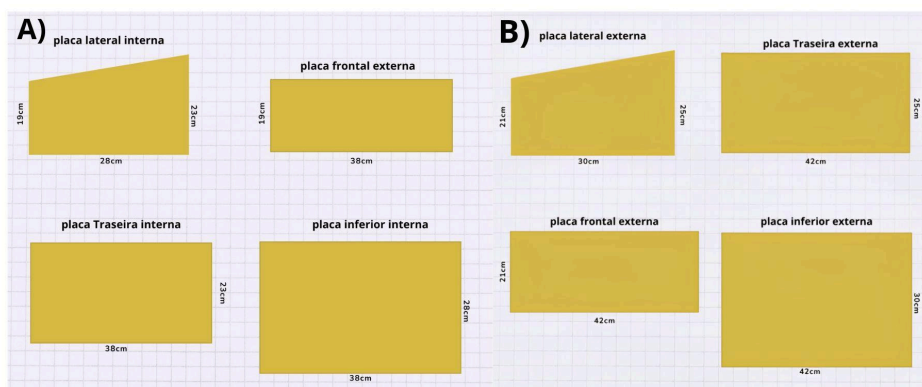
Fonte: Solarcooking, princípios dos projetos de fogões solares

Neste estudo, utilizou-se o forno solar como ferramenta de ensino durante uma oficina interdisciplinar, desenvolvida com base na metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PBL). Realizou-se a montagem do forno pelos próprios estudantes, estimulando a autonomia, a resolução de problemas e a construção colaborativa do conhecimento. A seleção dos materiais priorizou itens acessíveis, reutilizáveis e de fácil manuseio, de modo a favorecer a replicação da experiência em diferentes contextos educacionais e experimentais.

Montagem do forno solar

Construiu-se o forno solar utilizando duas caixas de papelão, uma interna e outra externa, com dimensões compatíveis entre si. Apesar da menor resistência mecânica em comparação a outros materiais, o papelão demonstrou-se adequado para fins didáticos e experimentais. A montagem inicial consistiu no corte e dobra das chapas de papelão para formar a estrutura externa do forno, conforme ilustrado na Figura 2 (B). Em seguida, foi construída a caixa interna, conforme mostrado na Figura 2 (A), respeitando uma diferença dimensional suficiente para o encaixe do isolante térmico entre as duas estruturas.

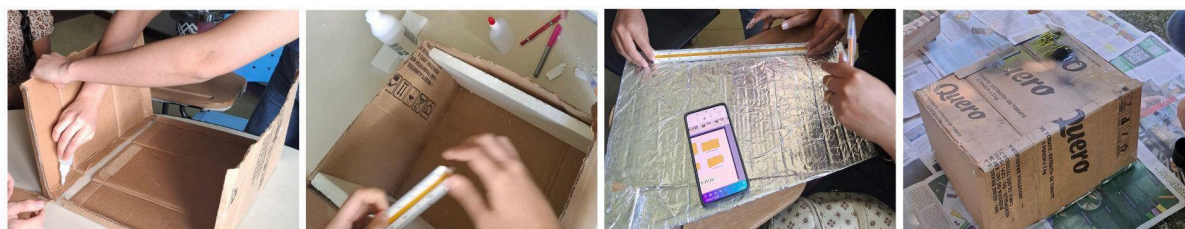
Figura 2 – Montagem do forno de papelão: A) Dimensões da estrutura Interna; B) Dimensões da estrutura Externa.



Fonte: Autoras.

Preencheu-se o espaço entre as caixas com placas de isopor, que atuam como isolante térmico, contribuindo para a retenção de calor no interior do sistema “Figura 3”. Revestiu-se a superfície interna da caixa com papel alumínio, colado com cola branca, com o objetivo de refletir a radiação solar para o centro do forno, aumentando sua eficiência térmica. A parte externa da estrutura recebeu pintura com tinta spray preta fosca, visando potencializar a absorção da radiação solar “Figura 3”.

Figura 3 – Etapas da construção do forno de papelão: montagem da caixa externa, aplicação do isolamento térmico, revestimento interno com papel alumínio e pintura externa preta, respectivamente.



Fonte: Autoras.

3.4 Aplicação de questionários e entrevistas

Com o objetivo de avaliar o impacto da aplicação de uma metodologia ativa, baseada na construção de fornos solares, sobre a percepção e o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem em engenharia, aplicou-se um questionário diagnóstico individual aos participantes no início da oficina. As perguntas foram do tipo dissertativas, permitindo que os estudantes expressassem livremente seus conhecimentos prévios, opiniões e percepções sobre os temas abordados.

Elaborou-se as perguntas do questionário para abranger diferentes dimensões do processo de aprendizagem. Inicialmente, buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos participantes sobre o forno solar e seu funcionamento, além de explorar sua compreensão sobre sustentabilidade e energia limpa, verificando a capacidade de relacionar esses temas com a tecnologia apresentada. Também avaliou-se que os estudantes percebem o forno solar como solução viável no cotidiano, além de investigar o desenvolvimento do protagonismo e da autonomia dos alunos diante da resolução de um problema real, característica central da abordagem por projetos, ver “Quadro 3” as perguntas.

Quadro 3 – Perguntas do questionário sobre o forno solar: conhecimento, sustentabilidade, viabilidade e protagonismo discente.

Perguntas do questionário diagnóstico
1. Você já ouviu falar em forno solar? Como acha que ele funciona?
2. Quais fontes de energia você considera sustentáveis? O forno solar se encaixa nisso? Por quê?
3. Você acredita que um forno solar poderia ser útil na sua vida ou na de outras pessoas? Como?
4. O que você entende por sustentabilidade? Como ela se relaciona com a engenharia?
5. Você se sente capaz de propor soluções para problemas reais do cotidiano?

As mesmas perguntas foram reaplicadas no questionário final, no último dia da atividade, com o intuito de comparar os conhecimentos antes e depois da experiência prática, possibilitando a identificação de avanços na compreensão conceitual e no engajamento dos participantes. Conduziu-se a análise dos dados por meio de uma abordagem combinada qualitativa e quantitativa, permitindo identificar tanto padrões recorrentes quanto nuances individuais nas respostas. Essa etapa buscou compreender o envolvimento dos alunos com a proposta pedagógica e os efeitos da prática ativa sobre sua autonomia e construção do conhecimento.

O segundo questionário, chamado questionário de avaliação, aplicou-se de maneira online e combinou perguntas de múltipla escolha e questões discursivas. As perguntas abertas permitiram que os alunos expressassem suas opiniões e aprendizagens, como “O que significa sustentabilidade para você agora?” e “Qual etapa da montagem do forno solar foi mais desafiadora?”. Já as perguntas fechadas, com opções definidas, facilitaram a quantificação e comparação dos dados, por exemplo: “Qual era seu nível de conhecimento sobre fornos solares antes da Oficina?” (Nenhum, Básico, Intermediário, Avançado) e “Você acredita que o forno solar pode ser uma alternativa viável em comunidades sem acesso a gás/eletricidade?” (Sim, Não). Tratou-se dos dados por meio de gráficos comparativos, que permitiram estabelecer relações com o questionário diagnóstico inicial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

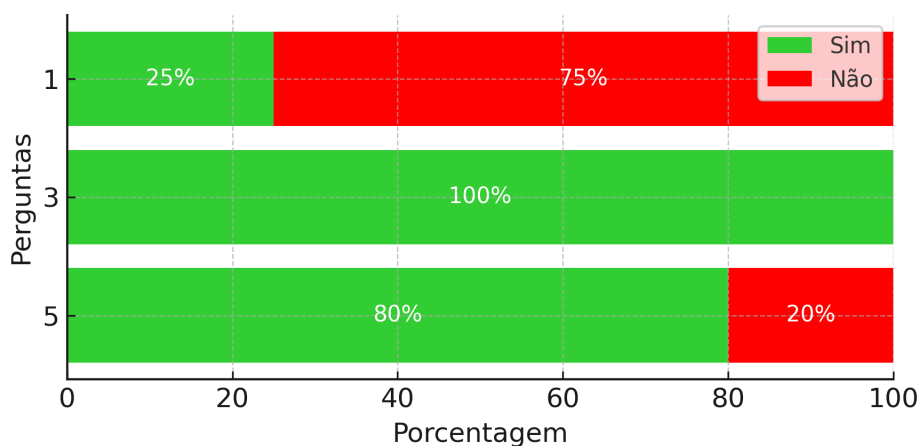
4.1 Questionário Diagnóstico

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir do questionário diagnóstico aplicado aos participantes. O levantamento buscou identificar o nível de conhecimento e percepção dos respondentes sobre temas relacionados à sustentabilidade, fontes de energia renováveis e a relação dessas com a engenharia. Os dados quantitativos e qualitativos revelam informações importantes sobre o entendimento dos participantes, que serão discutidas a seguir.

Perguntas Quantitativas

Baseando-se nas respostas ao questionário diagnóstico “Figura 4”, observou-se que a maioria dos participantes não conhecia previamente o forno solar (pergunta 1), embora tenham apresentado ideias sobre seu funcionamento. Todos os respondentes reconheceram a utilidade do forno solar em suas vidas ou na de outras pessoas, especialmente em contextos de baixa renda (pergunta 3). Além disso, a maioria afirmou sentir-se capaz de propor soluções para problemas do cotidiano (pergunta 5). A seguir, a Figura 4 sintetiza visualmente os resultados dessas três perguntas de caráter quantitativo, as perguntas estão no “Quadro 3”.

Figura 4 – Gráfico de resultados das perguntas quantitativas do questionário diagnóstico.



Fonte: Autoras.

Perguntas Qualitativas

As respostas às perguntas qualitativas indicam que os participantes possuem uma boa percepção sobre sustentabilidade e fontes de energia renováveis. Na pergunta 2, a maioria reconheceu fontes como placas solares, energia eólica e hidrelétrica como sustentáveis, e também considerou o forno solar como uma fonte sustentável, destacando seu uso direto da energia do sol. Isso mostra um entendimento claro da importância das energias renováveis.

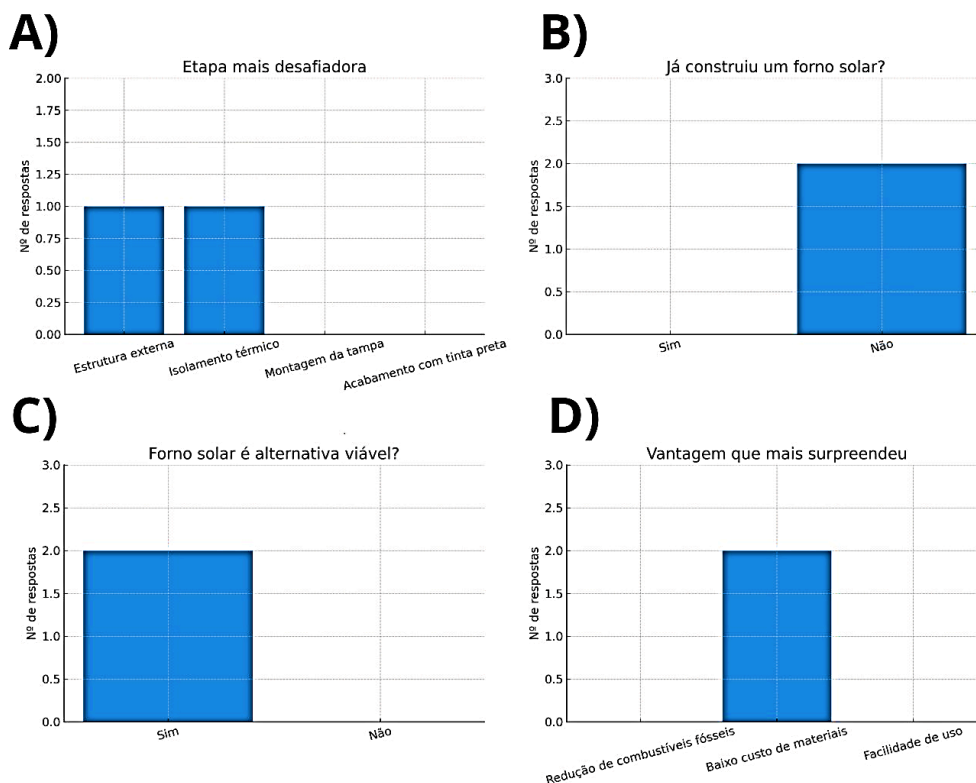
Já na pergunta 4, os participantes associaram sustentabilidade principalmente ao meio ambiente, mencionando conceitos como equilíbrio, preservação e a interação com o ambiente. Além disso, perceberam que a sustentabilidade está ligada à engenharia, indicando uma visão de que essa área deve considerar os impactos ambientais em seus projetos.

Os resultados indicam que os participantes têm uma consciência alinhada com os princípios da sustentabilidade, reconhecendo fontes de energia limpa, como o forno solar, e a importância do cuidado ambiental na engenharia. O forno solar foi percebido não apenas como uma tecnologia isolada, mas como parte de um conjunto de práticas sustentáveis, o que sugere que iniciativas envolvendo essa tecnologia podem ser bem aceitas, desde que respeitem as condições locais. Esses dados reforçam a necessidade de ações educativas que demonstrem como a engenharia pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, integrando teoria e prática.

4.2 Questionário de avaliação

A fim de avaliar a percepção dos participantes quanto à atividade proposta, aplicou-se um questionário ao final da oficina. As perguntas buscaram identificar as principais dificuldades enfrentadas, conhecimentos adquiridos, visão sobre a viabilidade do forno solar como tecnologia social e os aspectos que mais surpreenderam os estudantes. A “Figura 5” apresenta um resumo das respostas obtidas, permitindo uma análise qualitativa do impacto da atividade na aprendizagem e no engajamento dos alunos.

Figura 5 – Resultados do questionário avaliativo aplicado ao final da oficina.



Fonte: Autoras.

4.3 Avaliação da Metodologia Ativa (PBL)

A análise das respostas obtidas no segundo formulário indicou uma recepção positiva por parte dos estudantes em relação à proposta de aprendizagem. Muitos destacaram que a possibilidade de aplicar os conteúdos em uma atividade concreta contribuiu para uma melhor compreensão do tema e tornou o processo mais envolvente.

Relatos como “Foi muito bom, aplicar de forma concreta os conhecimentos aprendidos foi extremamente importante, pois transformou o aprendizado em uma experiência mais ativa” e “Aplicar os conteúdos estudados na prática na vida real deixou mais claro o funcionamento do objeto de estudo. Sim, além de facilitar, deixou o aprendizado mais atrativo” evidenciam que a prática não apenas reforçou os conceitos trabalhados em sala, como também despertou maior interesse dos participantes. Esses apontamentos reforçam a relevância de metodologias que aproximem a teoria da vivência real, promovendo um aprendizado mais significativo e contextualizado.

5 Considerações FINAIS

O projeto demonstrou que o uso do forno solar, articulado à metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas e Projetos (PBL), é uma estratégia eficaz para o ensino de engenharia com foco na sustentabilidade. A construção coletiva do forno permitiu aos participantes desenvolver habilidades técnicas e reflexivas, ampliando sua compreensão

sobre a relação entre tecnologia, meio ambiente e responsabilidade social. A abordagem adotada favoreceu o protagonismo estudantil, o pensamento crítico e a conexão entre teoria e prática, estimulando o engajamento em temas relevantes como energias renováveis e inovação social. O sucesso da iniciativa reforça o potencial de experiências interdisciplinares como ferramentas formativas transformadoras no contexto educacional, e aponta para possibilidades de replicação do projeto em outras instituições e comunidades.

REFERÊNCIAS

AKILI, W. **On implementation of problem-based learning in engineering education: thoughts, strategies and working models.** In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 2011, Rapid City, SD. Proceedings [...]. Rapid City, SD: IEEE, 2011. p. S3B-1–S3B-6.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Manual do forno solar** P.S. Multiuso 2012. Elaboração: Nicolau Bussolotti Francine. Projeto No Clima da Caatinga. [S.l.]: Associação Caatinga, 2012.

CRESTANI, C. E. MACHADO, M. B. **Aprendizagem baseada em projetos** na educação profissional e tecnológica como proposta ao ensino remoto forçado. Revista Brasileira de Educação, v. 28, e 280048, 2023.

GALLEGOS, R. C. et al. **A utilização do forno solar como instrumento de investigação na educação ambiental.** REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, p. 189–200, 2014.

GONÇALVES, J. V. N. **Forno solar de baixo custo: construção e estudo da viabilidade térmica.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade [não especificada].

JUSTO, E.; DELGADO, A. **Change to competence-based education in structural engineering.** Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, v. 141, n. 3, p. 05014005, 2015.

LYRA, A. S. **Forno solar tipo caixa fabricado com reaproveitamento de materiais.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

NETO, L. J. B. et al. **Análise comparativa entre um fogão solar do tipo parabólico e fogão solar do tipo caixa.** Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, v. 21, 2019. ISSN 2763-5325.

NOGUEIRA, A. M. **Estudo de um forno solar de baixo custo fabricado em madeira.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

REIS, A.; ALVES, A.; WENDLAND, E. C. **Metodologias ativas no ensino superior: um mapeamento sistemático no contexto dos cursos de engenharia.** Educação em Revista, v. 39, e 39012, 2023.

RODRIGUES, S. K. M. O.; SILVA, J. C. **Fabricação de um forno solar utilizando materiais reciclados.** Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 21, n. 7, p. 6075–6098, 2023.

RUFINO, S. et al. **Contribuição das metodologias ativas no desenvolvimento de competências e habilidades:** uma revisão sistemática para cursos de Engenharia de Produção. Revista de Ensino de Engenharia, v. 43, 2024.

SANTOS FILHO, E. A.; SILVA, V. C. da. **Construção e teste de forno solar.** Aracruz: Faculdade de Aracruz, 2008.

SOLAR COOKING. **Uma história de cozimento solar.** Artigo extraído do livro de Joe Radabaugh: Heaven 's Flame. 2015

VIROLI, S. L. M.; DE SOUZA, B. P.; CARVALHO, N. P. **Construção e avaliação de um forno solar como objeto de ensino e aprendizagem não formal no ensino de Física.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 7, n. 1, 2023.

Engineering Education and Sustainability Through Solar Ovens

Abstract: This article presents a teaching experience using solar ovens as an educational tool in Engineering courses, with a focus on sustainability and active learning methodologies. The initiative was carried out through an interdisciplinary workshop based on Problem and Project-Based Learning (PBL). Engineering students from the Federal University of Pará participated in the construction of solar ovens using accessible materials and reflected on concepts such as energy efficiency, socio-environmental responsibility, and innovation. The results show that the activity fostered student protagonism, integration between theory and practice, and a deeper understanding of sustainability challenges in engineering. The initiative demonstrated strong potential for replication in other educational and community contexts.

Keywords: Engineering Education. Sustainability. Active Learning. Solar Oven. PBL.

