



Abordagem CTSA e Cultura Maker no Ensino de Energias Renováveis

Noelly Alves de Souza, IFG – Campus Goiânia, noellyteles@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-9190-1843>

Carlos Roberto da Silveira Júnior, IFG – Campus Goiânia, carlos.junior@ifg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-2891-929X>

Felippe Guimarães Maciel, UnB – Campus Darci Ribeiro, felippe.maciell@unb.br, <https://orcid.org/0000-0002-1008-2762>

José Luis Domingos, IFG – Campus Goiânia, jose.domingos@ifg.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-3634-3462>

Resumo: As transformações sociais e ambientais atuais evidenciam a necessidade de integrar a sustentabilidade nas práticas educacionais, aliado à consolidação da cultura maker nas escolas, tornando oportuno o desenvolvimento de tecnologias educacionais. Esse trabalho relata um estudo sobre o uso de energias renováveis no contexto escolar, por meio de oficinas com o uso de objetos educacionais da cultura maker relacionados à energia solar fotovoltaica. As atividades foram elaboradas com base em metodologias ativas, integrando com a abordagem CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente). O projeto teve como público-alvo professores e alunos do ensino fundamental de 17 escolas públicas da região metropolitana de Goiânia, que atenderam cerca de 1.000 estudantes. Os resultados revelam o aumento do interesse dos estudantes no tema pelas atividades e a relevância de metodologias ativas e práticas no processo de ensino-aprendizagem, sendo a eficácia validada a partir da percepção docente.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica; Cultura Maker; Educação CTSA; Metodologias Ativas; Sustentabilidade

STSE Education in Renewable Energy Teaching

Abstract: Current social and environmental transformations highlight the need to integrate sustainability into educational practices, coupled with the consolidation of maker culture in schools, making the development of educational technologies opportune. This work reports on a study about the use of renewable energies in the school context, through workshops using educational objects from maker culture related to photovoltaic solar energy. The activities were developed based on active methodologies, integrating with the STS (Science, Technology, Society and Environment) approach. The project targeted teachers and elementary school students from 17 public schools in the metropolitan region of Goiânia, serving approximately 1,000 students. The results reveal increased student interest in the topic through the activities and the relevance of active and practical methodologies in the teaching-learning process, with their effectiveness validated by the teachers' perceptions.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy; Maker Culture; STSE Education; Active Learning Methodologies; Sustainability



1. Introdução

A busca pelo desenvolvimento sustentável tem impulsionado reflexões sobre o uso mais coerente dos recursos naturais, especialmente no campo energético, onde se observa o avanço das fontes renováveis e o uso eficiente da energia (Said, Bhatti e Hunjra, 2022). O Brasil vivencia um expressivo crescimento de sua matriz elétrica renovável. O país conta com a presença de diversas dessas fontes, com destaque para a energia hídrica, eólica e solar fotovoltaica. Essa transição energética precisa ser estimulada para as novas gerações da sociedade, reconhecendo o impacto socioambiental positivo dessas tecnologias.

Nesse contexto, o ensino de energias renováveis nas escolas assume papel central, ao destacar os problemas ambientais decorrentes do uso de fontes não renováveis e a importância de formar cidadãos mais conscientes. Diante desse cenário, torna-se relevante práticas educacionais nas escolas sobre transição energética por meio de metodologias que estimulem o raciocínio crítico, a resolução de problemas e a tomada de decisões alinhadas à abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), e ao uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs). Nesse sentido, uma abordagem pedagógica inspirada na cultura maker surge como uma estratégia relevante para reduzir barreiras no processo de aprendizagem e tornar o aluno protagonista do seu próprio saber, partindo do princípio de que os sujeitos são capazes de observar, analisar criticamente seu entorno e propor soluções para os desafios da sustentabilidade (Raabe e Gomes, 2018).

Ademais, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também prevê a Educação Ambiental como tema transversal, articulando a aprendizagem em torno das questões socioambientais e do uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 2018). Com efeito, o objetivo deste artigo é apresentar e discutir os resultados do desenvolvimento de uma intervenção pedagógica na Educação Básica focada no ensino de energias renováveis nas escolas por meio de objetos educacionais, do envolvimento dos estudantes na montagem desses objetos e formação de professores, fundamentado nos princípios da educação CTSA e das metodologias ativas.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Fontes Renováveis de Energia

A transição energética tem ganhado crescente relevância no debate sobre as mudanças climáticas globais, sendo vista como uma estratégia essencial para mitigar os impactos ambientais e promover um desenvolvimento sustentável. O objetivo principal dessa transição é reduzir as emissões de gases de efeito estufa a partir da substituição de uso de energias de fontes não renováveis, que são responsáveis pelo aquecimento glo



bal e pelas diversas mudanças climáticas presenciadas atualmente (Brasil, 2020).

As energias renováveis são reconstituídas por processos naturais da Terra em níveis igual ou superior ao consumo, contribuindo significativamente para a redução das emissões de CO₂ e para a melhoria da qualidade de vida. No cenário brasileiro, os dados indicam que a energia elétrica provém principalmente de fontes renováveis, com destaque para a hídrica, eólica e solar fotovoltaica, estando as duas últimas em crescente expansão (EPE, 2025).

No Brasil, a regulamentação da geração distribuída conectada à rede pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Resolução nº 482 de 2012, impulsionou a expansão do setor, refletindo em uma taxa de crescimento extremamente positiva. Entre as vantagens do sistema fotovoltaico destacam-se a durabilidade de 20 a 30 anos, a baixa manutenção, a ausência de ruídos e a mínima emissão de poluentes. Como contrapontos, figuram o elevado custo inicial, a dependência de condições climáticas e os desafios relacionados ao descarte adequado dos painéis ao final de sua vida útil (Said, Bhatti e Hunjra, 2022).

2.2. Educação Ambiental

A Educação Ambiental consolidou-se internacionalmente a partir da Conferência de Estocolmo (1972) e ganhou contornos mais precisos na Conferência de Tbilisi (1977), que a definiu como um processo de reconhecimento de valores e desenvolvimento de habilidades voltadas à compreensão das inter-relações entre seres humanos, culturas e o meio biofísico (Sato, 2014). No Brasil, a Lei nº 9.795/1999 estabeleceu a Educação Ambiental como componente essencial e permanente da educação nacional, presente de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo (Brasil, 1999). Nesse sentido, a escola assumiu papel estratégico na disseminação de valores socioambientais, cabendo aos professores, por meio de práticas interdisciplinares, propor metodologias que favoreçam sua implementação, sempre considerando o ambiente imediato e os problemas contemporâneos (Sato, 2014). A Educação Ambiental, portanto, contribui para a formação de cidadãos críticos, conscientes de seus direitos e deveres, comprometidos com a construção de uma sociedade mais justa e ecologicamente equilibrada.

O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), originado nas universidades norte-americanas entre as décadas de 1960 e 1970, emergiu da insatisfação com as concepções tradicionais de ciência e tecnologia, diante dos impactos socioambientais do desenvolvimento científico-tecnológico. A incorporação da dimensão ambiental à sigla originou a abordagem em CTSA, enfatizando a importância das questões ambientais nos estudos sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade (Nunes, 2016). No contexto educacional, a abordagem CTSA não representa um método pedagógico



ico específico, mas uma perspectiva de ensino de ciências que busca promover a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, auxiliando-os a construir conhecimentos, habilidades e valores para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade (Santos, 2002).

Nesse contexto, na BNCC são previstos alguns temas especiais a serem trabalhados nas escolas de forma unificada, dentre eles a Educação Ambiental, que visa articular direitos e objetivos de aprendizagem em torno das questões socioambientais (Brasil, 2018), de tal forma que os currículos escolares sejam capazes de debater e repensar a produção não sustentável e a transição energética como forma de preservação ambiental e de qualidade de vida para a sociedade.

3. Metodologia

Este trabalho propõe o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino de energias renováveis em escolas públicas, voltados ao Ensino Fundamental I, tendo como referencial teórico a abordagem CTSA. Dessa forma, essa pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza qualitativa, desenvolvida em seis etapas integradas, conforme apresentado na Figura 1, sendo: i) revisão bibliográfica; ii) desenvolvimento do objeto educacional; iii) atividades em escolas públicas; iv) produção do material didático; v) formação com professores e; vi) avaliação do material didático. Cada uma apresentou determinadas atividades definidas. Assim, na Figura 1, os blocos preenchidos em azul claro correspondem ao início de cada uma das etapas do projeto e os blocos preenchidos em branco são equivalentes às atividades da etapa pertencente.

A revisão bibliográfica adotou abordagem integrativa, sintetizando fontes diversas, como artigos científicos, dissertações, teses, livros e relatórios técnicos. A pesquisa foi realizada nos eixos temáticos de fontes renováveis de energia, educação ambiental e abordagem CTSA, fundamentando o design do projeto como um todo.

O produto educacional desenvolvido neste trabalho estrutura-se em dois eixos complementares: um objeto educacional tangível e uma apostila didática. O objeto consiste na montagem de carrinhos movidos a energia solar, utilizando pequenos painéis fotovoltaicos comerciais acoplados a motores de corrente contínua, materializando de forma lúdica os conceitos de conversão de energia e sustentabilidade, em consonância com os princípios da cultura maker e da aprendizagem pelo fazer (Piotroski, 2017). A apostila didática, por sua vez, constitui o suporte teórico-metodológico do produto, organizada como uma sequência didática centrada nos impactos ambientais das fontes de energia sob a perspectiva CTSA.

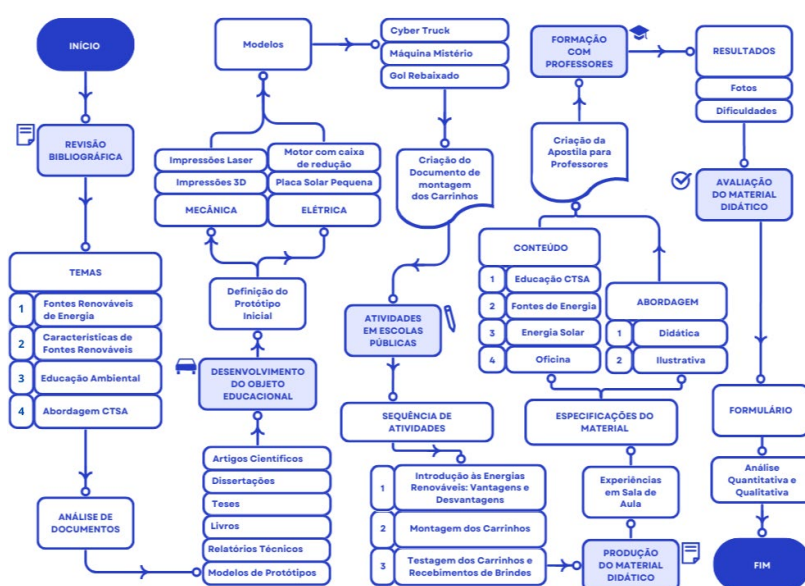


Figura 1 – Etapas de sequência do projeto ERES. Os blocos preenchidos em azul claro correspondem ao início de cada uma das etapas do projeto. Blocos preenchidos em branco são equivalentes às atividades da etapa pertencente.

O objeto educacional consistiu em kits de montagem de carrinhos movidos a energia solar fotovoltaica, desenvolvidos em três modelos distintos. A fabricação utilizou impressão 3D com materiais PLA e TPU, corte a laser em MDF, painéis fotovoltaicos de 5V e motores de corrente contínua, como apresentado na Figura 2. Os componentes em MDF compõem a carcaça do objeto educacional, ao passo que os componentes PLA constituem o reforço da carcaça e os elementos TPU formam os pneus do carrinho. Para cada modelo foi elaborado um manual de montagem com linguagem acessível e imagens ilustrativas, voltado ao público do Ensino Fundamental I.



Figura 2 – Componentes dos kits de montagem dos carrinhos desenvolvidos.

As atividades seguiram uma sequência estruturada: i) exposição teórica sobre energias renováveis com apoio de slides e vídeo; ii) montagem autônoma dos carrinhos pelos alunos com auxílio de monitores e; iii)



teste dos protótipos em ambiente externo com incidência solar. A condução das oficinas fundamentou-se em metodologias ativas, no método Montessori (2017), que se baseia no aprendizado ativo através de um ambiente adequado com materiais sensoriais, onde promove a independência da criança, e nos princípios da cultura maker, posicionando o estudante como protagonista do processo de aprendizagem. O detalhamento de cada uma das atividades é descrito pela Tabela 1.

Tabela 1 - Detalhamento do andamento das oficinas: descrição e duração de cada atividade realizada em cada oficina.

Atividade	Descrição	Duração
Apresentação sobre Energias renováveis	Um monitor principal apresenta o conteúdo teórico através de uma aula expositiva utilizando o material de slides produzido sobre Energias Renováveis.	30 minutos
Apresentação dos kits didáticos, organização das equipes e orientações	Os kits didáticos e o objeto educacional são apresentados, estando os alunos divididos em equipes para a montagem dos objetos educacionais com as orientações necessárias feitas.	15 minutos
Montagem dos carrinhos elétricos em equipes	Momento em que os alunos montam os carrinhos em equipe auxiliados pelos monitores.	2 horas e 40 minutos
Realização dos testes e correções nas montagens	Os testes são realizados em um local aberto com incidência de luz solar e com espaço suficiente para que os carrinhos possam se deslocar.	30 a 40 minutos

A apostila didática, destinada à formação docente e apresentada pela Figura 3, está estruturada como uma sequência didática alinhada à abordagem CTSA, contemplando conteúdos teóricos sobre energias renováveis, o manual de montagem dos carrinhos e orientações pedagógicas para aplicação em sala de aula. Sua concepção fundamenta-se nos princípios do Design Instrucional, incorporando elementos como tabelas comparativas, mapas mentais, infográficos e boxes de destaque, com base na Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988) abordadas nas pesquisas de Santos e Tarouco (2007), nos Princípios de Aprendizagem Multimídia (Mayer e Moreno, 1999) e nos modelos de instrução de Gagné (1992) e Keller (2010).

A avaliação do projeto foi conduzida por meio de formulários aplicados aos professores após a realização das oficinas, contendo perguntas de múltipla escolha com quatro níveis de satisfação, sendo "Muito bom", "Bom", "Regular" e "Ruim", além de algumas questões discursivas. A análise das respostas das perguntas objetivas utilizou estatística descr



itiva, devido à limitada quantidade de dados. Os instrumentos avaliativos abordaram a qualidade da apostila teórica, do manual de montagem, dos recursos de apoio, das discussões em sala e da experiência geral de ensino-aprendizagem, permitindo uma análise integrada dos indicadores quantitativos e das percepções qualitativas dos participantes.



Figura 3 – Objetos educacionais produzidos, sendo à esquerda a apostila em formato digital, à direita, o carrinho elétrico montado.

4. Resultados

Os produtos técnicos desenvolvidos pelo projeto são os carrinhos e o manual de montagem. O material está disponível no sistema EduCAPES (DA SILVEIRA JUNIOR *et al.*, 2025). O manual se estrutura em até oito passos por modelo, com imagens ilustrativas e orientações escritas objetivas, organizando as equipes de três alunos em subgrupos com responsabilidades específicas de montagem. O custo unitário total do kit educacional foi estimado em R\$160,00, sendo a mini placa solar fotovoltaica (6V, 320 mA) o componente de maior impacto financeiro, representando 32% do custo total.

Após o desenvolvimento desses produtos, iniciou-se a aplicação das oficinas direcionadas aos alunos do Ensino Fundamental I. As atividades seguiram a sequência definida na metodologia, começando com as aulas expositivas sobre o conteúdo de energias renováveis, seguidas pela montagem (Figura 4), e pelo momento de testagem e triagem dos carrinhos (Figura 5). Essa ação foi realizada em oito escolas públicas, com turmas de Ensino Fundamental I, objetivando a experimentação e a avaliação da qualidade dos materiais didáticos e dos objetos educacionais..



Figura 4 – Realização do projeto nas escolas públicas à esquerda, explanação sobre energias renováveis e, à direita, durante a montagem do objeto educacional.



Figura 5 – Momento de teste dos carrinhos elétricos sob o Sol.

Posteriormente, com a experiência das ações realizadas em sala de aula, prosseguiu-se com o desenvolvimento da apostila didática (SILVEIRA JUNIOR *et al.*, 2025). O produto foi estruturado segundo os princípios do Design Instrucional, organizando o conteúdo de forma progressiva: introdução ao projeto, fundamentação teórica sobre energias renováveis sob a perspectiva CTSA e roteiro prático para a realização das oficinas de montagem. A arquitetura gráfico-editorial do material incorpora tabelas comparativas, mapas mentais, infográficos e boxes de destaque, visando reduzir a carga cognitiva e promover um aprendizado mais eficaz e enriquecedor para o professor-leitor.

Logo após o desenvolvimento da apostila didática, foi realizada a capacitação de um grupo de professores da Rede Municipal de Ensino de Goiânia. Essa formação proporcionou um momento de reflexão sobre a abordagem CTSA, apresentação do material didático e prática de montagem dos carrinhos, preparando os docentes para replicar as atividades de forma autônoma em suas escolas. A Figura 6 apresenta um dos momentos desse processo de formação.

Após a formação dos professores, 17 escolas públicas municipais de Goiânia foram contempladas com materiais didáticos do projeto. Cada instituição recebeu como doação 10 kits de carrinhos elétricos, uma apostila didática impressa e um tutorial de montagem de carrinhos plásticos.



ado, totalizando 170 kits e 17 apostilas entregues. Após seis meses da entrega do material, a fase subsequente consistiu na avaliação das oficinas realizadas pelos professores em suas escolas. Esse processo fundamentou-se em uma análise quali-quantitativa, realizada por meio de formulários digitais, visando proporcionar acessibilidade e agilidade no preenchimento. A amostra efetiva de dados coletados abrangeu 14 escolas, representando 82% do universo total do projeto.

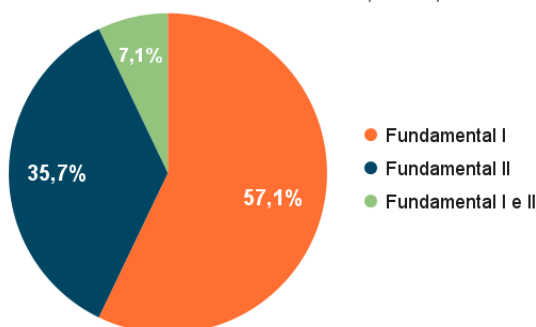


Figura 6 – Capacitação dos docentes.

4.1. Avaliação Quantitativa

Em relação ao nível de ensino atendido, a maioria das escolas focou no Ensino Fundamental I (57,1%), boa parte no Ensino Fundamental II (35,7%) e o restante em ambos os níveis simultaneamente (7,1%), como apresentado no gráfico à esquerda da Figura 7. Quanto ao volume de estudantes por escola, o gráfico à direita da Figura 7 mostra que, a maioria das escolas envolveu grupos de até 60 alunos (57,2%), e mais de um terço utilizou o kit com mais de 90 estudantes (35,7%), evidenciando a escalabilidade e adaptabilidade da proposta pedagógica a diferentes contextos institucionais.

Nível de escolaridade dos alunos contemplados por Escola



Quantidade de Alunos que utilizaram o Kit didático por escola

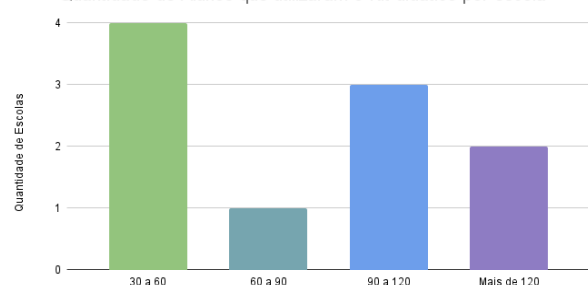


Figura 7 – Características e quantificação do público atingido.



Os dados quantitativos revelam resultados amplamente positivos. Em relação à qualidade da apostila didática, a maioria dos professores a valeu como “Boa” (64,3%) e o restante como “Muito Boa” (35,7%), sem nenhuma avaliação negativa. Sobre o manual de montagem dos kits, o gráfico da esquerda na Figura 10, mostra que foi considerado “Bom” por metade e dos docentes foi “Muito Bom” parcialmente pela outra metade (42,8%), com uma parte pequena (7,1%) classificando-o como “Regular”. Quanto aos recursos de apoio teórico utilizados durante as oficinas, o gráfico da direita da Figura 8, mais da metade dos professores optaram por apresentações de slides (53,8%), a outra metade parcialmente por vídeos educativos (30,7%) e o restante por outros recursos (15,3%), sendo notável a ausência total do uso de quadro ou lousa tradicional, sinalizando uma tendência em direção a metodologias mais dinâmicas e interativas.

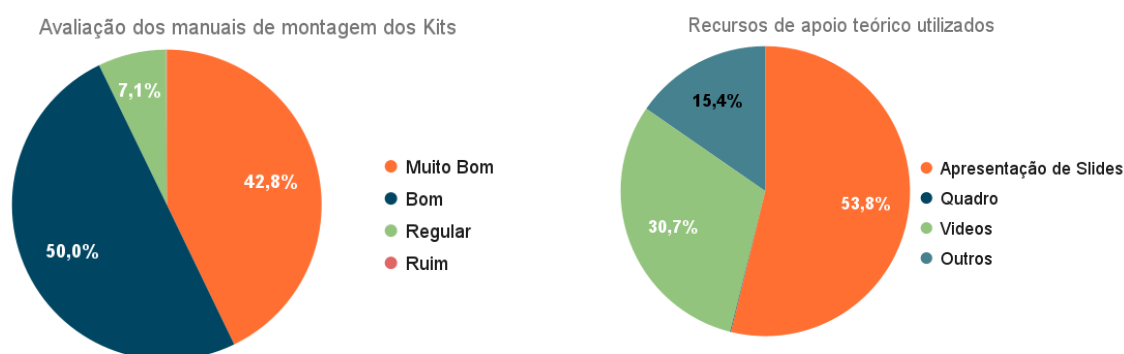


Figura 8 – Resultados da avaliação dos materiais didáticos produzidos (à esquerda) e recursos de apoio técnico utilizados (à direita).

Em relação ao nível de participação dos alunos, apresentado no gráfico da esquerda na Figura 9, foi avaliado pela maioria dos professores como “Muito Ativo” (57,1%), uma outra parte como “Ativo” (28,6%) e o restante com apenas considerando-o “Pouco Ativo” (14,3%). Em contrapartida, apresentada no lado direito da Figura 9, a organização dos alunos durante as atividades apresentou maior variação: a maioria dos docentes a avaliaram como “Muito Boa” (42,9%), uma parte como “Boa” (28,6%) e outra semelhante em quantidade como “Pouca” (28,6%), indicando que a gestão do comportamento durante atividades práticas constitui um desafio relevante. Os principais obstáculos relatados pelos professores para desenvolvimento das atividades propostas, apresentados pela Figura 10, foram a resolução de problemas técnicos após a montagem (57,1%), a gestão da ansiedade e desorganização dos alunos (28,6%) e dificuldades na articulação teórica (14,3%).

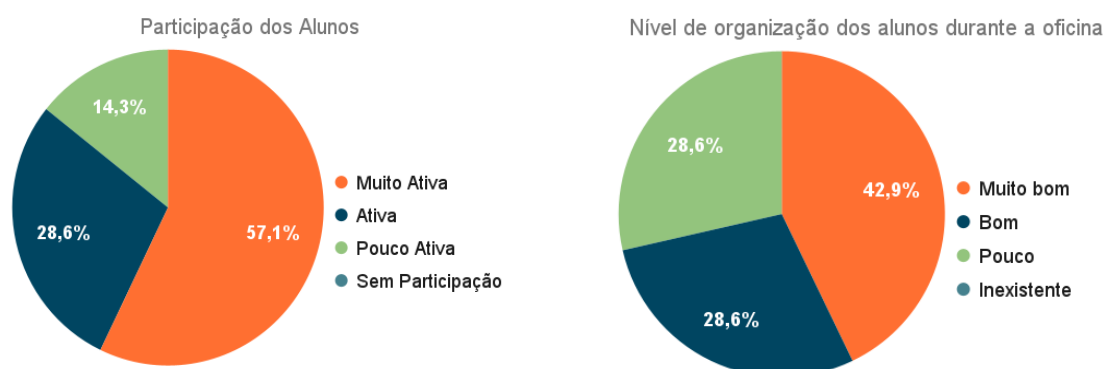


Figura 9 – Avaliação comportamental dos alunos durante as oficinas. Fonte: O próprio autor.

4.2. Avaliação Qualitativa

A análise das respostas discursivas revela percepções positivas e reflexivas sobre o projeto. Em relação à apostila didática, as principais sugestões de melhoria concentraram-se na necessidade de adequação da linguagem ao nível dos estudantes e no maior detalhamento visual do manual de montagem, especialmente para alunos dos anos iniciais. Em contrapartida, os docentes também destacaram a qualidade do material, reconhecendo sua integração eficaz entre conteúdo teórico e prática sustentável. As respostas qualitativas das principais dificuldades encontradas pelos professores durante a realização do projeto foram sintetizadas em quatro grupos, apresentados na Figura 10.

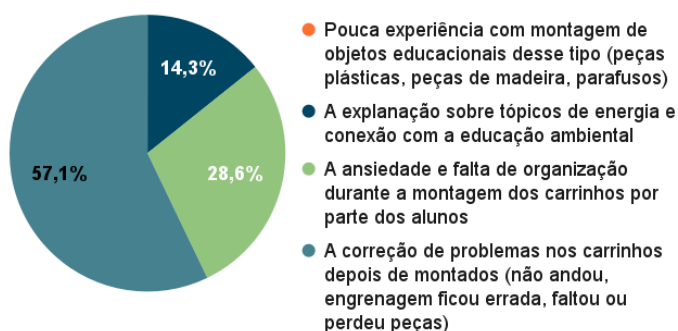


Figura 10 – Gráfico das principais dificuldades encontradas pelos professores durante a realização do projeto.

Sobre a realização das oficinas, os relatos dos professores são predominantemente entusiasmados, destacando o engajamento dos estudantes e o potencial transformador da metodologia. Os docentes reportaram que a atividade promoveu nos alunos uma compreensão mais concreta sobre



rgias renováveis, desenvolvendo senso de responsabilidade ambiental, protagonismo nas ações e consciência cidadã. Em diversas escolas, a experiência prática com os carrinhos motivou o planejamento de novos projetos, como evidenciado pelo caso de uma das escolas, premiada em concurso nacional sobre energias renováveis após se inspirar nos protótipos para criar novos objetos com materiais reciclados.

Os relatos também evidenciam a importância de estratégias organizacionais adaptativas por parte dos professores, como a divisão dos alunos em subgrupos, a apresentação prévia das peças e a condução em etapas sequenciais, para garantir o bom andamento das oficinas diante de turmas numerosas e espaços físicos reduzidos.

5. Discussões

A proposta foi bem recebida pela Secretaria Municipal de Educação de Goiânia, escolas, professores e coordenadores, bem como apresentou engajamento de estudantes e docentes durante a formação e realização de oficinas nas escolas. A estratégia inspirada na cultura maker mostrou-se fundamental para concretizar conceitos abstratos de forma criativa e colaborativa, viabilizando a abordagem CTSA no Ensino Fundamental I e favorecendo o pensamento crítico, a resolução de problemas e a interdisciplinaridade.

Entre os principais desafios encontrados e identificados na avaliação qualitativa dos professores, destacam-se a indisciplina, a desigualdade no conhecimento prévio dos alunos, o custo elevado dos materiais, a fragilidade de peças, limitações de espaço físico, tempo de aula insuficiente e ausência de laboratórios makers em parte das escolas. A dificuldade de transposição da teoria para a prática corrobora os achados de Barretta (2021), evidenciando que a prática isolada não garante a compreensão de conceitos abstratos. Na formação docente, a falta de capacitação em energia solar e montagem mecânica sugere a necessidade de incorporar conceitos básicos mais acessíveis na apostila didática. Os desafios identificados refletem a complexidade das escolas públicas brasileiras e demandam planejamento coletivo e estratégias pedagógicas adaptativas.

Apesar de obstáculos, a integração entre educação CTSA e cultura maker proporcionou resultados expressivos, permitindo que os estudantes compreendessem os impactos ambientais das fontes não renováveis e desenvolvessem protagonismo e autonomia, em consonância com Sarmiento (2024). A metodologia CTSA mostrou-se eficiente para contextualizar os conteúdos científicos à realidade socioambiental dos alunos, alinhada às perspectivas de Auler (2013), Freire (1987) e Luz (2017), consolidando-se essa abordagem como estratégia transformadora para a alfabetização científica, tecnológica e sustentável na educação básica.

6. Conclusão



A pesquisa cumpriu seus objetivos, demonstrando a viabilidade do ensino de energia solar fotovoltaica na educação básica por meio de oficinas baseadas na cultura maker e na abordagem CTSA. A integração entre material didático e objeto educacional permitiu articular teoria e prática de forma criativa, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes quanto ao uso sustentável dos recursos naturais. Os questionários confirmaram o potencial transformador das oficinas, evidenciando alto engajamento estudantil e a relevância de metodologias mais dinâmicas no ensino-aprendizagem, além de ressaltar a importância da parceria entre escolas públicas e instituições de ensino superior para o fortalecimento da formação docente.

Espera-se que estes resultados ampliem a discussão acadêmica sobre o uso sustentável dos recursos naturais e apoiem os professores na realização autônoma de futuras oficinas, reforçando a relevância de integrar a dimensão social da Ciência e da Tecnologia ao desenvolvimento cognitivo e pedagógico nas escolas públicas brasileiras. É crucial, contudo, que a estratégia adotada fomente políticas públicas de suporte ou estratégias para fomentar o custo dos materiais e a falta de preparo técnico dos docentes, que são aspectos estruturais nas escolas públicas brasileiras.

Como desdobramentos futuros, propõe-se a elaboração de roteiros de investigação com momentos de análise crítica pós-montagem, a articulação de uma comunidade de prática entre os laboratórios makers das escolas contempladas e a realização de estudos sobre o ciclo de vida dos insumos dos kits didáticos (peças em MDF, PLA, TPU e células fotovoltaicas) visando o descarte responsável desses materiais.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio do Edital nº 15/2023, número do processo 88887.913751/2023-00 e ao Instituto Federal de Goiás (IFG) pelo apoio em infraestrutura e gestão do projeto.

8. Referências

- AULER, D. *Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do Movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências*. Revista Contexto & Educação, v. 22, n. 77, p. 167-188, 2013.
- BARRETTA, C. ; SILVA, P. J. ; MONTEIRO JÚNIOR, L. A. *O uso de metodologias ativas no Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA-PT)*. Revista Contemporânea, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018.



- BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Brasília: Presidência da República, 1999.
- BRASIL. *Plano Nacional de Energia 2050*. 2020. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso: mar. 2026.
- EPE. *BEN - Relatório Síntese 2025 - Base ano de 2024*. disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em 01/04/2026
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GAGNÉ, Robert M.; BRIGGS, Leslie J.; WAGER, Walter W. *Principles of Instructional Design*. 4th ed. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, 1992.
- KELLER, J. M. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. New York: Springer, 2010.
- LUZ, M. H. O. *Educação CTSA: desafios para a formação de professores*. São Paulo: Cortez, 2017.
- MAYER, R. E.; MORENO, R. *Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity*. Journal of Educational Psychology, v. 91, n. 2, p. 358-368, 1999.
- MONTESSORI, Maria. *A descoberta da criança*. Tradução de Aury Azélio Brunetti. São Paulo: Kiriú, 2017.
- NUNES, A. O.; DANTAS, J. M. As Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade Ambiente (CTSA) na Educação Química. In: NUNES, A. O.; DANTAS, J. M. (org.). *Ensinando Química: propostas a partir do enfoque CTSA*. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- PIOTROSKI, R. *Educação científica e ambiental: uma abordagem CTSA para o ensino de energias renováveis*. São Paulo: Editora Ciência e Educação, 2017.
- RAABE, A. L.; GOMES, E. B. *Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação*. Revista Tecnologias na Educação, v. 26, n. 26, p. 6-20, 2018.
- SANTOS, L. M. A.; TAROUÇO, L. M. R.. *A importância do estudo da Teoria da Carga Cognitiva em uma educação tecnológica*. RENOTE, Porto Alegre, v. 5, n. 1, jul. 2007.
- SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, dez. 2002.
- SATO, Michèle. *Educação ambiental*. 1. ed. rev. São Carlos: RiMa, 2014.
- SAID, R., BHATTI, M. I., & HUNJRA, A. I. *Toward Understanding Renewable Energy and Sustainable Development in Developing and Developed Economies: A Review*. Energies, 15(15), 5349, 2022.



SILVEIRA JUNIOR, C. R. ; SOUSA, N. A. ; MACIEL, F. G. ; SOUSA, M. M. ; SANTOS, J. C. ; ALCÂNTARA, R. P. ; GONZAGA, T. P. *Apostila Ensino de Energias Renováveis nas Escolas*. [S. 1.]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2025. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1174370>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SWELLER, J. *Cognitive load during problem solving: Effects on learning*. Cognitive Science, v. 12, n. 2, p. 257-285, 1988.