

ReCiclo: Sistema Inteligente para Gestão e Incentivo da Reciclagem

Maria Luíza da Costa Nóbrega
Pau dos Ferros, RN, Brasil
malucosstaah@gmail.com

Caio Vinícius Feitoza da Oliveira
Pau dos Ferros, RN, Brasil
Caio13feitosa@gmail.com

Priscila Rayane Souza Oliveira
Pau dos Ferros, RN, Brasil
Priscilarayane@gmail.com

Resumo— O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos e a baixa adesão à coleta seletiva evidenciam a necessidade de soluções tecnológicas sustentáveis. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar um sistema inteligente para otimizar a coleta de resíduos recicláveis no município de Pau dos Ferros/RN. O sistema é composto por uma plataforma digital interativa e uma lixeira eletrônica automatizada, equipada com sensores e tecnologia RFID para identificação e registro dos resíduos. Foram realizadas etapas de mapeamento dos pontos de coleta, desenvolvimento da plataforma com integração a APIs de localização e testes experimentais com usuários. Os resultados evidenciaram aumento no engajamento e na conscientização ambiental, com registro de 386 resíduos coletados durante os testes. Conclui-se que o sistema contribui para o monitoramento da coleta seletiva e para a promoção de práticas sustentáveis, apresentando-se como uma solução inovadora e de baixo custo.

Palavras-chave—*coleta seletiva, reciclagem, sustentabilidade, educação ambiental, resíduos sólidos.*

Abstract— The increase in urban solid waste generation and the low adherence to selective waste collection highlight the need for sustainable technological solutions. This study aims to develop and evaluate an intelligent system to optimize the collection of recyclable waste in the municipality of Pau dos Ferros/RN. The system consists of an interactive digital platform and an automated electronic bin, equipped with sensors and RFID technology for the identification and recording of disposed waste. The methodology included mapping collection points, developing the platform with integration of location-based APIs, and conducting experimental tests with users. The results showed an increase in user engagement and environmental awareness, with a total of 386 recyclable items collected during the tests. It is concluded that the system contributes to the monitoring of selective waste collection and the promotion of sustainable practices, presenting itself as an innovative and low-cost solution.

Keywords—*selective collection, recycling, sustainability, environmental education, solid waste.*

I. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos tem se consolidado como um dos principais desafios ambientais enfrentados pelas cidades contemporâneas. O descarte inadequado desses materiais não apenas intensifica a poluição do solo e dos recursos hídricos, mas também compromete diretamente a saúde pública, a qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental das áreas urbanas. Diante desse cenário, a coleta seletiva surge como uma importante alternativa para reduzir os impactos causados pelo acúmulo de resíduos, permitindo o reaproveitamento de materiais recicláveis e incentivando práticas mais sustentáveis. Entretanto, apesar de sua relevância, ainda é comum a dificuldade da população em encontrar informações claras e acessíveis sobre a separação correta dos resíduos e os locais apropriados para descarte. Muitas pessoas desconhecem os pontos de coleta disponíveis em suas comunidades ou não sabem como diferenciar adequadamente os materiais recicláveis dos resíduos comuns, o que acaba limitando a participação da sociedade nesse processo.

No município de Pau dos Ferros/RN, essa problemática torna-se cada vez mais evidente. De acordo com dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA, 2024), são produzidas aproximadamente 2.246 toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano nos 29 bairros atendidos pela coleta regular. No entanto, desse total, apenas cerca de 33,5 toneladas são efetivamente destinadas à reciclagem, revelando um índice ainda bastante reduzido de reaproveitamento. Essa realidade está associada, entre outros fatores, à escassez de informações acessíveis sobre os pontos de coleta seletiva, à limitada conscientização da população quanto à separação adequada dos resíduos e à ausência de tecnologias acessíveis que incentivem práticas sustentáveis de descarte. Como consequência, observa-se um enfraquecimento da eficiência dos processos de reciclagem e um agravamento dos impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado no espaço urbano.

Diante dessa realidade, torna-se fundamental desenvolver soluções inovadoras que aproximem a população das práticas sustentáveis e facilitem o acesso a informações confiáveis sobre a coleta seletiva. Com esse propósito, o presente projeto propõe uma solução tecnológica de baixo custo e potencial impacto social e ambiental: um sistema integrado composto por um site interativo e uma lixeira eletrônica inteligente. O site foi idealizado para disponibilizar, de forma simples e acessível, informações sobre pontos de coleta, tipos de resíduos aceitos e rotas de acesso, auxiliando os cidadãos no descarte adequado. Complementando essa proposta, a lixeira inteligente, equipada com sensores, é capaz de reconhecer e contabilizar a quantidade de resíduos recicláveis descartados por cada usuário, registrando dados que possibilitam monitorar o volume coletado e estimular maior engajamento da população. Além disso, futuramente, o sistema poderá incorporar mecanismos de recompensas, incentivando ainda mais a participação dos cidadãos. Assim, a iniciativa busca não apenas informar, mas também conscientizar e envolver a comunidade em práticas ambientalmente responsáveis, tornando o descarte de resíduos mais acessível, interativo e eficiente, contribuindo para a construção de uma cidade mais limpa, sustentável e comprometida com o meio ambiente.

II. METODOLOGIA

A. Aplicação do questionário

Inicialmente, foi aplicado um questionário composto por seis perguntas, por meio da plataforma Google Forms, direcionado aos estudantes da Escola Estadual em Tempo Integral Dr. José Fernandes de Melo, com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento dos participantes acerca da coleta seletiva e das práticas relacionadas ao descarte de resíduos sólidos. O formulário permaneceu disponível por um período de três dias, obtendo a participação de 48 alunos. A análise das respostas permitiu identificar lacunas no conhecimento dos estudantes, especialmente em temas relacionados à separação

correta dos resíduos, aos pontos de coleta seletiva e às formas adequadas de descarte. Com base nessas dificuldades evidenciadas, foram iniciadas pesquisas direcionadas aos aspectos que apresentaram maior desconhecimento, visando o desenvolvimento de uma plataforma capaz de suprir essas necessidades informacionais de forma acessível e educativa.

B. Desenvolvimento do site

O desenvolvimento do site de suporte à lixeira inteligente ocorreu em quatro etapas principais. Na primeira etapa, foi realizado o levantamento de dados secundários relacionados à política municipal de resíduos sólidos e ao mapeamento dos pontos de coleta seletiva existentes no município, utilizando informações obtidas por meio do site da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA) e da Associação dos Catadores de Pau dos Ferros. Essa fase teve como objetivo reunir informações relevantes capazes de auxiliar a população no descarte correto dos resíduos, além de incentivar práticas ambientalmente responsáveis e fortalecer a conscientização sobre a importância da coleta seletiva.

Na segunda etapa, foi definida a estrutura de navegação da plataforma, tomando como referência modelos de interface disponibilizados pela plataforma Figma. Essa etapa buscou organizar a disposição dos conteúdos e funcionalidades do sistema, visando proporcionar uma experiência de navegação mais intuitiva, acessível e funcional para os usuários.

Na terceira etapa, iniciou-se o desenvolvimento do site por meio da biblioteca React, baseada nas linguagens HTML, CSS e JavaScript. A escolha do React ocorreu devido à sua capacidade de proporcionar uma interface dinâmica, responsiva e organizada em componentes reutilizáveis, facilitando tanto o desenvolvimento quanto a manutenção da plataforma. Além disso, essa tecnologia permite maior eficiência na atualização de conteúdos e melhor desempenho na construção de interfaces interativas.

Na quarta etapa, foi realizada a integração do sistema com APIs de mapas, como o Google Maps, ampliando as funcionalidades da plataforma por meio de recursos de geolocalização. Essa integração possibilitou a identificação e exibição dos pontos de coleta seletiva mais próximos ao usuário, bem como a criação de rotas personalizadas com base na localização de cada pessoa, facilitando o acesso aos locais adequados de descarte. A Figura 1 apresenta a página inicial do site, enquanto a Figura 2 ilustra o mapeamento de alguns dos pontos de descarte existentes no município, e a Figura 3 apresenta a seção informativa da plataforma, destinada à orientação dos usuários sobre o descarte adequado de resíduos e práticas de coleta seletiva.



Fig. 1. Página inicial do site.

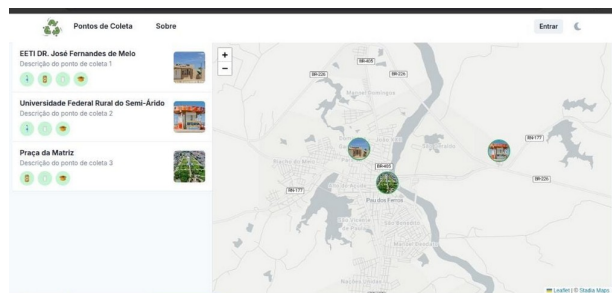


Fig. 2. Página de mapeamento de alguns dos pontos de descarte no município de Pau dos Ferros.



Fig. 3. Página informativa do site, contendo orientações sobre separação de resíduos, descarte correto e coleta seletiva.

C. Construção do protótipo da lixeira

Paralelamente ao desenvolvimento da plataforma digital, iniciou-se a confecção da lixeira eletrônica inteligente, idealizada com o objetivo de auxiliar na organização, monitoramento e descarte adequado dos resíduos recicláveis. Seu desenvolvimento ocorreu em quatro etapas principais. Na primeira etapa, foi definido o modelo estrutural do protótipo, considerando aspectos como praticidade, acessibilidade e facilidade de identificação dos resíduos descartados. Em seguida, realizou-se a escolha dos materiais necessários para sua construção, priorizando componentes de baixo custo e fácil acesso, visando à viabilidade econômica do projeto e à possibilidade de reprodução futura em outros contextos. A estrutura da lixeira foi desenvolvida utilizando quatro tábuas de madeira, medindo aproximadamente 1,5 m de comprimento por 50 cm de largura, além de canos de PVC com diâmetros de 20 mm, 30 mm e 50 mm, todos com cerca de 30 cm de comprimento, conectados à tampa da estrutura para permitir a entrada dos resíduos recicláveis. O processo de construção da lixeira eletrônica inteligente pode ser observado na Figura 4, que apresenta a montagem do protótipo.



Fig. 4. Processo de construção da lixeira eletrônica inteligente.

Na terceira etapa, foi realizada a programação da placa microcontroladora ESP32, responsável pelo processamento dos dados coletados pelos sensores e pelo gerenciamento das funções do sistema. Essa etapa possibilitou a integração entre os componentes eletrônicos, permitindo o reconhecimento e o registro automático dos resíduos descartados.

Por fim, na quarta etapa, foram integrados os componentes eletrônicos responsáveis pelo funcionamento da lixeira. O sistema foi equipado com sensores infravermelhos para identificação e contabilização dos resíduos recicláveis, conforme apresentado na Figura 5. Além disso, foi incorporado um leitor RFID, mostrado na Figura 6, destinado à identificação individual dos usuários, possibilitando o registro da quantidade de resíduos descartados por cada pessoa. O sistema também passou a contar com um display interativo, ilustrado na Figura 7, desenvolvido para facilitar a compreensão do funcionamento da lixeira e fornecer informações ao usuário durante sua utilização.



Fig. 5. Sensores de infravermelho utilizados na identificação dos resíduos recicláveis.

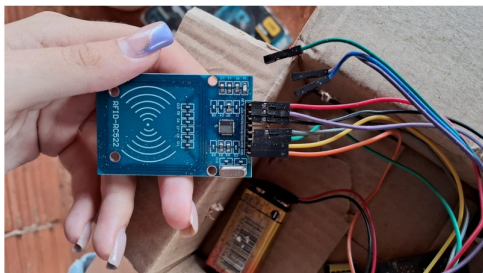


Fig. 6. Leitor de RFID utilizado para identificação dos usuários.



Fig. 7. Display interativo da lixeira inteligente.

D. Funcionamento da lixeira inteligente

A lixeira inteligente funciona por meio de um sistema automatizado composto por sensores infravermelhos integrados a uma placa microcontroladora ESP32, responsável pelo processamento e gerenciamento das informações coletadas. O código responsável por seu funcionamento foi

desenvolvido utilizando C++, permitindo que ela receba, interprete e registre os sinais enviados pelos sensores durante o descarte dos resíduos. Os sensores infravermelhos foram posicionados estrategicamente nas três entradas da lixeira, organizadas de acordo com o tipo de resíduo aceito em cada compartimento, como apresentado na Figura 8. Cada entrada possui identificação específica, orientando os usuários sobre o descarte correto do material correspondente. Quando um objeto é inserido em uma das entradas, o sensor detecta sua passagem e envia automaticamente um sinal eletrônico à placa ESP32, registrando a ocorrência do descarte.



Fig. 8. Posicionamento dos sensores infravermelhos nas entradas da lixeira

A diferenciação dos resíduos ocorre porque cada sensor está associado a uma entrada específica da lixeira, permitindo ao sistema identificar em qual compartimento o material foi depositado. Dessa forma, o descarte é contabilizado automaticamente. Por exemplo, caso um objeto seja inserido na entrada destinada exclusivamente às baterias, o sensor correspondente envia um sinal à placa, que registra automaticamente aquele descarte como bateria. Além disso, o sistema incorpora um leitor RFID para identificação individual dos usuários, possibilitando registrar a quantidade de resíduos descartados por cada pessoa.

E. Teste do sistema integrado

Com o objetivo de avaliar a funcionalidade e a aceitação do sistema desenvolvido, foi realizado um teste integrado envolvendo a plataforma digital e a lixeira eletrônica inteligente com um grupo de 14 estudantes da Escola Estadual em Tempo Integral Doutor José Fernandes de Melo. A atividade ocorreu em caráter experimental, permitindo observar a interação dos participantes com as funcionalidades propostas pelo sistema, bem como sua compreensão acerca do descarte correto dos resíduos recicláveis.

Durante os testes, foi implementado um sistema de pontuação e ranking baseado na quantidade de descartes realizados corretamente pelos participantes, incluindo uma premiação para os estudantes com melhor desempenho, como forma de incentivar a participação e estimular maior engajamento com a coleta seletiva. A dinâmica gamificada mostrou-se relevante para aumentar o interesse dos alunos, favorecendo a participação ativa e tornando o processo de descarte mais interativo e educativo.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentados alguns dos resultados do questionário aplicado aos estudantes da Escola Estadual em Tempo Integral Dr. José Fernandes de Melo. O questionário foi respondido por 48 alunos e permitiu avaliar o nível de conhecimento e as práticas relacionadas à coleta seletiva e ao descarte de resíduos recicláveis.

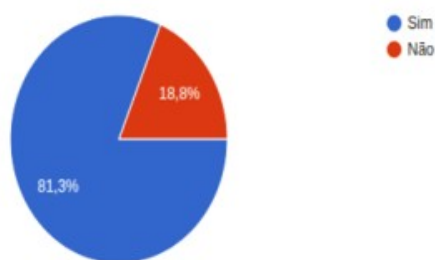


Fig. 9. Gráfico 1: você sabe o que é coleta seletiva?

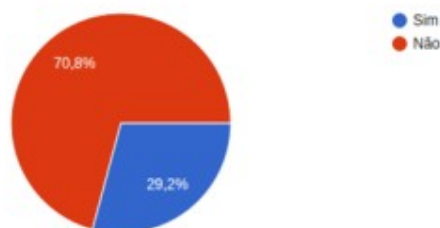


Fig. 10. Gráfico 2: você conhece os pontos de descarte próximos à sua residência?

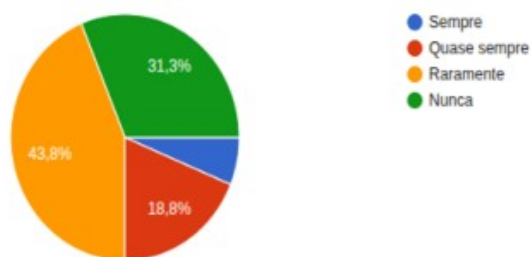


Fig. 11. Gráfico 3: com que frequência você separa o lixo reciclável do lixo comum na sua casa?

A análise das respostas revelou que, embora uma parcela significativa dos participantes já possua conhecimentos básicos sobre coleta seletiva, muitos ainda demonstram dificuldades relacionadas à prática regular da separação dos resíduos em suas residências. Além disso, observou-se que parte dos estudantes desconhece os pontos de coleta seletiva disponíveis no município, evidenciando uma lacuna informacional que pode dificultar a adoção de práticas sustentáveis no cotidiano. As respostas também indicaram elevado interesse dos estudantes em utilizar uma plataforma digital voltada à orientação sobre descarte adequado de resíduos, reconhecendo-a como uma ferramenta capaz de fornecer informações, dicas práticas e localização dos pontos de coleta seletiva. Esses resultados reforçam a relevância da proposta desenvolvida, demonstrando que a tecnologia pode atuar como importante instrumento de conscientização ambiental e incentivo à mudança de comportamento, tanto no ambiente escolar quanto fora dele.

Ainda como desdobramento da pesquisa e das reflexões geradas a partir do questionário, foi realizado um teste integrado envolvendo a plataforma digital e a lixeira eletrônica

inteligente com estudantes da instituição. Durante o período experimental, registrou-se a coleta de 386 resíduos recicláveis, evidenciando a funcionalidade do sistema e a participação ativa dos usuários. Para incentivar a adesão dos participantes, foi implementado um sistema de pontuação com ranking e premiação, conforme ilustrado nas Figuras 12 e 13, estratégia que se mostrou eficaz no estímulo à participação dos estudantes.

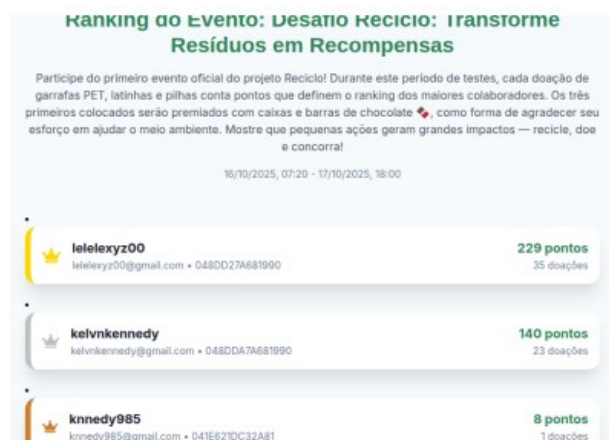


Fig. 12. Ranking dos três primeiros colocados durante o teste



Fig. 13. Premiação dos três primeiros colocados

Observou-se que a dinâmica competitiva despertou não apenas o interesse pela atividade, mas também maior engajamento com questões ambientais e práticas relacionadas à coleta seletiva. Os resultados obtidos reforçam o potencial do sistema como ferramenta educativa e de incentivo à reciclagem, contribuindo para a conscientização ambiental e validando a hipótese inicial proposta pelo projeto.

Além do impacto educativo observado, os materiais coletados durante os testes totalizaram seis sacos de 100 litros de resíduos recicláveis, mostrado na Figura 14, demonstrando o potencial prático da iniciativa na redução do descarte inadequado.



Fig. 14. Materiais recicláveis coletados durante os testes do sistema.

Parte dos materiais foi destinada à reutilização por produtores locais: um dos sacos foi entregue a um agricultor do município para armazenamento de grãos, enquanto outros dois foram destinados a um produtor local que reutilizará os recipientes no acondicionamento de seus produtos. Os três sacos restantes foram encaminhados ao órgão municipal responsável pela coleta seletiva, fortalecendo a integração do projeto com práticas sustentáveis já existentes no município e ampliando seu impacto socioambiental.

IV. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema inteligente voltado à coleta seletiva no município de Pau dos Ferros/RN evidenciou o potencial da integração entre tecnologia e educação ambiental como estratégia para enfrentar desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos. A combinação entre uma plataforma digital interativa e uma lixeira eletrônica automatizada mostrou-se eficiente não apenas para ampliar o acesso da população a informações sobre descarte adequado, mas também para incentivar maior participação dos usuários nas práticas de coleta seletiva.

Os resultados obtidos durante o teste experimental demonstraram a funcionalidade e a viabilidade da proposta, evidenciadas pelo engajamento dos participantes, pela coleta

de 386 resíduos recicláveis e pela adesão dos estudantes às dinâmicas de pontuação e ranking implementadas durante a atividade. Além disso, observou-se maior compreensão acerca da separação correta dos resíduos e maior interesse dos participantes por práticas sustentáveis, reforçando o potencial educativo do sistema.

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto social e ambiental da iniciativa, considerando que os materiais coletados puderam ser reutilizados ou destinados adequadamente, fortalecendo a integração do projeto com práticas sustentáveis já existentes no município. Dessa forma, o sistema contribui tanto para a conscientização ambiental quanto para o fortalecimento da coleta seletiva local.

Conclui-se, portanto, que o projeto apresenta-se como uma solução tecnológica inovadora, acessível e de baixo custo, com potencial de aplicação em outros contextos escolares e comunitários. Além de contribuir para a promoção da sustentabilidade, a proposta poderá futuramente incorporar novas funcionalidades, como sistemas de recompensas e ampliação do monitoramento dos resíduos, ampliando ainda mais seu alcance e impacto socioambiental.

REFERENCES

- [1] ASSOCIAÇÃO DOS CATADORES DE PAU DOS FERROS. *Informações sobre coleta seletiva e pontos de descarte no município de Pau dos Ferros/RN*. Pau dos Ferros, 2024.
- [2] ALMEIDA, João Victor; SANTOS, Lucas Pereira. Desenvolvimento de uma lixeira inteligente para monitoramento de resíduos utilizando sensores e microcontroladores. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada*, v. 8, n. 2, p. 45–58, 2022.
- [3] BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: [Planalto – Lei nº 12.305/2010](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2010/2010_08/Lei/L12305.htm). Acesso em: 10 maio 2026.
- [4] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Resíduos sólidos urbanos*. Brasília, DF: MMA, [s.d.]. Disponível em: [Ministério do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos Urbanos](https://www.mma.gov.br/residuos-solidos-urbanos). Acesso em: 10 maio 2026.
- [5] SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE PAU DOS FERROS (SEMA). *Dados sobre resíduos sólidos urbanos e coleta seletiva do município de Pau dos Ferros/RN*. Pau dos Ferros: SEMA, 2024.
- [6] SILVIA, Aparecida Soares; ALENCAR, Juheina Lacerda Ribeiro Viana. A relevância da reciclagem de resíduos sólidos para a sustentabilidade. Disponível em: <https://encurtador.com.br/NQAme>. Acesso em 25 jul. 2025.
- [7] COSTA, Isis dos Santos; Implementação da coleta seletiva em Pau dos Ferros-RN: Concepções baseadas a partir do Bairro Nações Unidas. Disponível em: <https://xviiienanpur.anpur.org.br/anaisadmin/capapdf.php?reqid=424> Acesso em 01 ago.2025.
- [8] PORTAL SUSTENTABILIDADE. Brasileiro cria sistema de coleta de lixo reciclável inteligente para remunerar cidadãos. Disponível em: <https://portalsustentabilidade.com/2021/07/15/brasileiro-cria-sistema-de-coleta-de-lixo-reciclavel-inteligente-para-remunerar-cidadaos/>. Acesso em: 13 set. 2025.
- [9] SILVA, M. R.; SOUZA, T. P.; LIMA, R. A. Uso de sensores IoT na gestão de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 122–134, jul./ago. 2023. Disponível em: <https://www.revbea.org.br/artigo/uso-de-sensores-iot-na-gestao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 11 out. 2025.
- [10] SOUZA, T. P.; LIMA, R. A. Educação ambiental e tecnologias digitais no ensino médio. *Ciência e Educação Ambiental*, Brasília, v. 15, n. 2, p. 45–59, abr./jun. 2022. Disponível em: <https://www.cienciaeducacaoambiental.org.br/artigo/educacao-ambiental-e-tecnologias-digitais>. Acesso em: 11 out. 2025.