

# Transformando PET em TEC: Experiências e Desafios na Criação de uma Minifábrica Automatizada de Filamentos de impressão 3D Reciclados.

**Gustavo Menezes Bernardo<sup>1</sup>, Matheus Torres Barbosa<sup>1</sup>, Gustavo Jammes Inácio de Souza, Lucas Mateus da Silva Lima<sup>1</sup> João Emanoel Ambrósio Gomes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – Serra Talhada. Rodovia PE 320, Km 126, s/n.º - Serra Talhada – Pernambuco – Brasil.

gusengenhari4@gmail.com, torres17matheus17@gmail.com,  
gustavojammesinacio@gmail.com, lucasmateus4477@gmail.com,  
joao.ambrosio@ifsertao-pe.edu.br

**Abstract.** This experience report presents the development of an automated mini-factory for producing recycled filaments from PET bottles. The project, conducted at the IFMAKER laboratory of IFSertãoPE, Serra Talhada campus, integrates circular economy principles and digital manufacturing, utilizing 3D printing and Arduino-based automation. The study addresses challenges such as material and process adaptations and highlights the educational and environmental impact of the initiative. The results indicate the feasibility of the solution and its potential for replication in other contexts.

**Resumo.** Este relato de experiência apresenta o desenvolvimento de uma minifábrica automatizada para a produção de filamentos reciclados a partir de garrafas PET. O projeto, realizado no laboratório IFMAKER do IFSertãoPE, campus Serra Talhada, combina os princípios da economia circular e da fabricação digital, utilizando impressão 3D e automação com Arduino. O estudo aborda os desafios enfrentados, como adaptações de materiais e processos, e destaca o impacto educacional e ambiental da iniciativa. Os resultados indicam a viabilidade da solução e seu potencial de replicação em outros contextos.

## 1. Introdução

A cultura maker tem se consolidado como estratégia pedagógica capaz de unir aprendizagem ativa, criatividade e sustentabilidade, transformando o “fazer” em motor de inovação e inclusão social. Em contextos de recursos limitados, esse enfoque mostra-se particularmente eficaz: ao combinar soluções de baixo custo e responsabilidade ambiental, as atividades maker geram engajamento e promovem desenvolvimento comunitário (Bremgartner et al., 2022; Brasil, 2022).

No semiárido pernambucano, onde as deficiências de infraestrutura e as restrições socioeconômicas dificultam o acesso a tecnologias emergentes (Alves, 2018), reconhecemos a oportunidade de utilizar resíduos plásticos como matéria-prima para aproximar ensino e prática inovadora.

Neste relato de experiência, apresentamos o desenvolvimento de uma minifábrica de filamentos reciclados a partir de garrafas PET, idealizada e construída no laboratório IFMAKER do IFSertãoPE — campus Serra Talhada. O conceito de “TEC” (Tecnologia a partir de Economia Circular) adotado por nossa equipe busca não apenas demonstrar a viabilidade técnica da extrusão de PET reciclado, mas também oferecer um modelo de baixo custo, facilmente replicável em outras instituições de ensino técnico (Evangelista et al., 2023; Valencia et al., 2023).

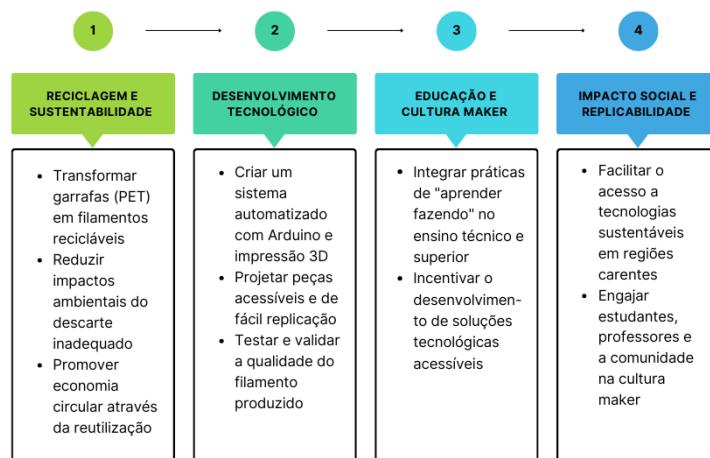
Ao longo do projeto, partimos da convicção de que o protagonismo estudantil, materializado no envolvimento direto em todas as etapas — desde a coleta e limpeza das garrafas até a programação do Arduino — potencializa a aprendizagem de conceitos teóricos de manufatura aditiva e automação. Conforme observamos em nossas oficinas e discussões com os participantes, o contato prático com essas tecnologias fortaleceu competências como resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico, corroborando achados de Silva (2020) e Barbosa de Souza Júnior & dos Santos Alves (2021) sobre o valor pedagógico da aprendizagem por projetos.

Este trabalho tem, portanto, duplo propósito: detalhar as escolhas tecnológicas, o processo de concepção e os desafios superados na construção da minifábrica; e refletir sobre os impactos pedagógicos observados, destacando como a prática maker pode contribuir para a formação de profissionais aptos a enfrentar as demandas reais de seu contexto.

## 2. Metodologia

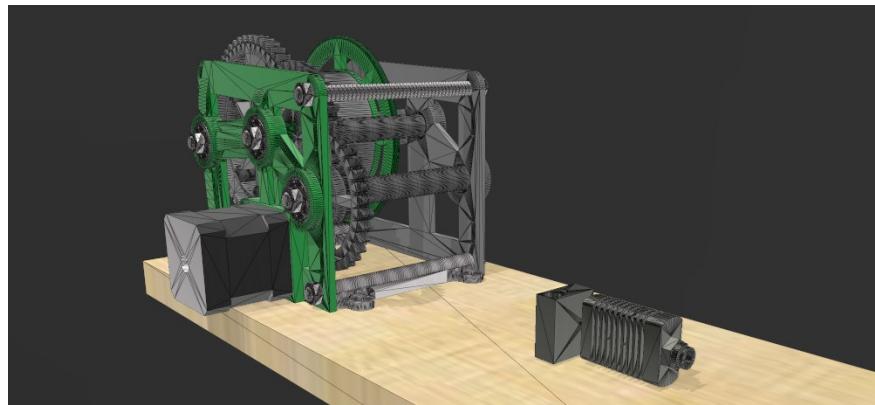
O presente estudo de caso foi estruturado em torno de uma abordagem prática-theórica, efetuada inteiramente no laboratório IFMAKER. Inicialmente, nossa equipe definiu objetivos claros: transformar garrafas PET descartadas em filamento reciclado, promover os princípios da economia circular e democratizar o acesso a tecnologias de fabricação digital. Para isso, elaboramos um fluxo de trabalho que guiou desde a seleção e pré-tratamento do material até a extrusão do filamento (Fig. 1)

### Desenvolvimento da minifábrica de filamentos



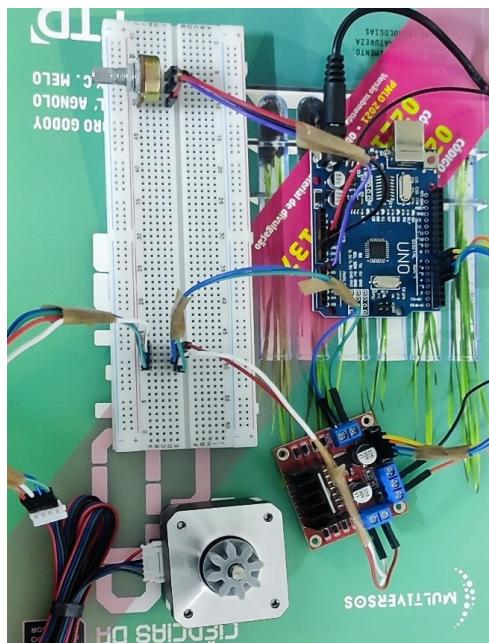
**Figura 1. Fluxo de planejamento e concepção do projeto**

A partir da revisão de literatura, a fase de elaboração do projeto privilegiou o uso de componentes acessíveis e replicáveis, como a impressão 3D para a confecção das peças estruturais e a plataforma Arduino para automação dos processos. Utilizando softwares de modelagem 3D, foram desenvolvidos os primeiros protótipos das peças da minifábrica, como ilustrado na Figura 2, garantindo a integração entre os componentes mecânicos e eletrônicos. A produção das peças ocorreu por meio de impressão 3D, permitindo ajustes rápidos e eficientes.



**Figura 2. Modelagem 3D do protótipo**

A automação do sistema foi implementada utilizando microcontroladores Arduino, que controlaram etapas essenciais da reciclagem e conversão do PET em filamentos, como mostrado na Figura 3.



**Figura 3. Sistema de automação.**

Essa integração entre hardware e software foi essencial para garantir o funcionamento adequado do sistema, exigindo testes contínuos e ajustes na programação dos dispositivos. Estudos indicam que a combinação entre Arduino,

impressão 3D e ensino experimental pode potencializar o aprendizado em diversas áreas, promovendo maior engajamento dos estudantes.

Com o protótipo montado, iniciaram-se os testes para avaliar o desempenho da minifábrica, a qualidade dos filamentos reciclados e a eficácia dos processos automatizados. Durante essa etapa, desafios como a escassez de materiais e a necessidade de ajustes no design dos componentes exigiram adaptações no hardware e software, como a calibração do diâmetro de saída do bico, para um aumento da precisão, demonstrando a importância da experimentação contínua e do feedback dos usuários na melhoria do sistema.

Além dos aspectos técnicos, o projeto também foi avaliado em termos de impacto pedagógico, considerando o aprendizado prático dos estudantes e o engajamento da comunidade local. A economia circular emergiu como uma alternativa viável para transformar resíduos em novos produtos, agregando valor ambiental e econômico (VALENCIA et al., 2023).

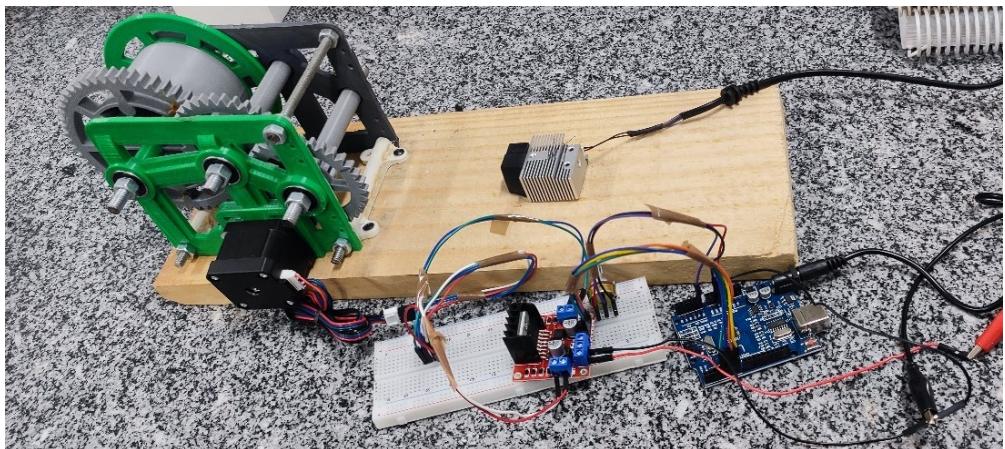
Dessa forma, a metodologia empregada priorizou não apenas a viabilidade técnica e a acessibilidade dos materiais, mas também a disseminação do conhecimento maker, tornando o projeto replicável e escalável para outros contextos educacionais e sociais.

### **3. Resultados e Discussão**

O desenvolvimento do projeto foi marcado por uma intensa jornada prática e reflexiva, na qual a equipe do laboratório IFMAKER do IFSertãoPE, campus Serra Talhada, traduziu a teoria em ações concretas, superando desafios e aprimorando continuamente o protótipo. Essa etapa foi dividida em diversas fases, que se inter-relacionaram e contribuíram para a consolidação da minifábrica automatizada de filamentos reciclados.

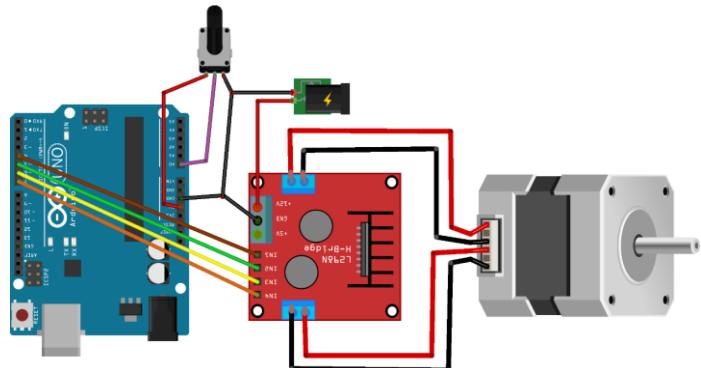
A fase inicial concentrou-se na concepção do protótipo, onde foram definidos os parâmetros técnicos e as funcionalidades essenciais do sistema. Utilizando softwares de modelagem 3D, a equipe desenvolveu os desenhos das peças estruturais, garantindo a compatibilidade entre os componentes e facilitando a integração entre os processos mecânicos e eletrônicos.

Após a modelagem, as peças foram produzidas por meio da impressão 3D, permitindo a rápida prototipação e ajustes conforme necessários. A montagem do sistema envolveu a integração mecânica dessas peças com os circuitos eletrônicos, como mostrado na Figura 4, utilizando o Arduino para facilitar a automação dos processos. Esse estágio foi fundamental para garantir que o sistema tivesse uma estrutura funcional e adaptável às necessidades do projeto.



**Figura 4. Modelo montado**

A automação do sistema foi um dos aspectos mais desafiadores e essenciais para o funcionamento da minifábrica. O Arduino foi programado para gerenciar funções como a regulagem da velocidade de produção do filamento, garantindo uniformidade na peça. Para uma melhor visualização e documentação do processo, diagramas eletrônicos e fluxogramas foram elaborados para ilustrar a lógica do funcionamento integrado entre hardware e software, como demonstrado na Figura 5.



**Figura 5. Esquema eletrônico**

Com o protótipo montado e os sistemas integrados, iniciou-se uma fase intensa de testes práticos. Essa etapa foi crucial para avaliar a qualidade do filamento produzido, a eficiência do processo de reciclagem e a robustez do sistema automatizado. Durante os testes, foram identificadas limitações, como a necessidade de adaptar a espessura final do filamento e substituir componentes por alternativas mais acessíveis. Cada desafio resultou em ajustes sucessivos, evidenciando o caráter iterativo e experimental da abordagem maker.

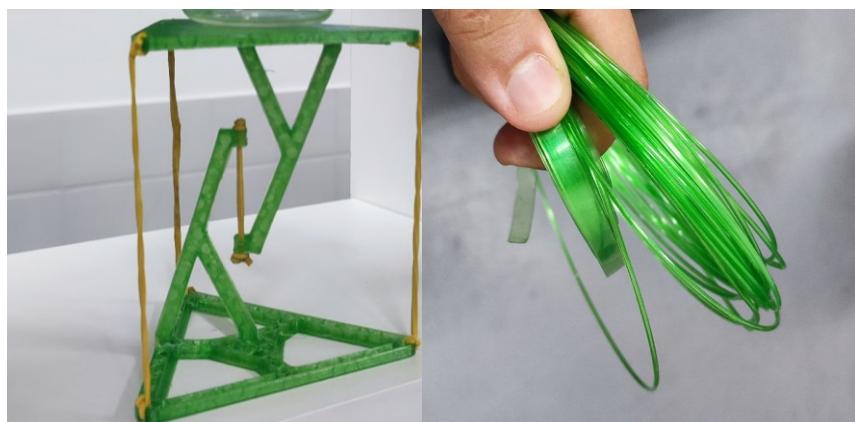
Foram coletados dados qualitativos e quantitativos sobre a produção de filamentos, indicando uma média de  $1,74 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$  de diâmetro, com um aproveitamento de 80% do material PET processado. Essas métricas reforçam o potencial educacional e técnico da proposta.

Além dos aspectos técnicos, o projeto também proporcionou um intenso processo de aprendizado e troca de experiências entre estudantes, professores e membros da comunidade. A abordagem prática permitiu a resolução de problemas em

tempo real, estimulando a criatividade e o trabalho colaborativo. As avaliações realizadas ao longo das atividades reforçaram o valor educacional da iniciativa, evidenciando a necessidade de adaptar soluções tecnológicas às condições e recursos disponíveis.

Durante todas as fases, a equipe registrou detalhadamente os processos, desafios e melhorias implementadas. Essa documentação não apenas contribui para o aperfeiçoamento contínuo do projeto, mas também facilita a disseminação do conhecimento adquirido.

A experiência prática e as reflexões extraídas do desenvolvimento do protótipo destacaram a relevância da inovação acessível e da sustentabilidade, fortalecendo o compromisso com soluções tecnológicas viáveis e replicáveis no semiárido pernambucano. A Figura 6 apresenta os resultados práticos do sistema, evidenciando o funcionamento da minifábrica e os filamentos produzidos a partir do PET reciclado.



**Figura 6. Resultados práticos**

#### 4. Conclusão

O projeto se mostrou promissor na produção de filamentos reciclados de baixo custo e acessíveis, demonstrando a viabilidade técnica e a relevância de soluções sustentáveis no contexto do semiárido pernambucano. Os resultados obtidos evidenciam não apenas a eficiência dos processos automatizados, mas também o impacto positivo no aprendizado dos envolvidos e na gestão de resíduos plásticos.

Embora o protótipo já apresente um desempenho satisfatório, o projeto permanece em execução e continua sendo aprimorado. Novos testes e adaptações estão em andamento para otimizar a qualidade do filamento e expandir a capacidade de produção. Espera-se que a continuidade deste trabalho inspire a replicação da iniciativa em outros contextos, contribuindo para a disseminação de tecnologias acessíveis e a promoção de uma economia circular robusta.

Para aprofundar ainda mais as perspectivas de expansão deste projeto, destacam-se várias frentes de trabalho futuro: a otimização do processo de extrusão por meio da incorporação de sensores de temperatura e pressão, aliados a algoritmos de controle automático (PID ou inteligência artificial leve), possibilitando ajustes em tempo real e

maior estabilidade do diâmetro do filamento; a diversificação de matérias-primas, investigando a viabilidade de combinar PET reciclado com biopolímeros ou resíduos plásticos domésticos distintos; a avaliação de ciclo de vida (LCA) e análise de custo-benefício mais detalhadas, para quantificar impactos ambientais e econômicos em escala piloto; o desenvolvimento de uma versão modular e open-source da minifábrica, facilitando sua adoção em diferentes contextos escolares e comunitários; além da criação de material didático e oficinas formativas para capacitar docentes e estudantes na operação e manutenção do sistema, fomentando redes colaborativas entre instituições de ensino e empresas locais de gestão de resíduos.

Essas iniciativas não apenas ampliarão o alcance tecnológico e pedagógico da minifábrica, mas também fortalecerão o papel da economia circular como eixo central de inovação sustentável no semiárido e além.

#### **4. Referências**

- ALVES, Adriana Melo. Políticas de desenvolvimento regional e rede de cidades no semiárido: concentração, polarização e fragmentação. 2018.
- BARBOSA DE SOUZA JÚNIOR, Antonio; DOS SANTOS ALVES, Marly. Sítios eletrônicos e oficinas pedagógicas: facilitadores de aprendizagem no curso técnico em automação industrial. Revista do Instituto de Políticas Públicas de Marília-RIPPMar, v. 7, n. 2, 2021.
- BARROS, Atila et al. Metodologias ativas no ensino técnico de eletrônica. A importância do desenvolvimento de projetos práticos como abordagem pedagógica. Revista Tópicos, v. 2, n. 9, p. 1-17, 2024.
- BREMGARTNER, Vitor et al. Aprendizagem baseada em projetos aplicada a cursos de formação inicial e continuada em cultura maker. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, p. 1943-1957, 2022.
- Brasil. O "Aprender Fazendo" da Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica. Manual Maker. Formato: Livro Digital. Veiculação: Digital. ISBN: 978-85-92565-02-2, 2022.
- CARUSO, Renata Cury; DA SILVA, Sani de Carvalho Rutz; MARCONDES, Renato. Uso da impressão 3D no ensino-aprendizagem: revisão sistemática sobre os principais problemas encontrados. Boletim de Conjuntura (BOCA), v. 16, n. 47, p. 448-473, 2023.
- DE SOUSA CARBONI, Márcio Henrique; SCHEER, Sérgio. A manufatura aditiva como suporte à aprendizagem colaborativa e interdisciplinar em AEC: uma experiência integradora com o futuro profissional de expressão gráfica. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 18, n. 1, p. 195-218, 2023.
- EVANGELISTA, Fábio Lombardo et al. De estudante para estudante: atividade experimental envolvendo Arduino, impressão 3D e física. Contraponto: Discussões científicas e pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação, v. 4, n. 5, p. 144-160, 2023.

GOMEZ, Frederico Loeffler Vidal Villar. Destinação de resíduos plásticos no Brasil. 2019.

SILVA, José Nilton da. Aprendizagem maker e ensino de engenharia. 2020.

VALENCIA, Melanie et al. The social contribution of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v. 408, p. 137082, 2023.