

# PET 3D: Uma Abordagem Sustentável para a Produção de Filamento 3D a Partir de Resíduos Plásticos

Ernany S. Oliveira<sup>1</sup>, Pedro Henrique M. Lima<sup>1</sup>, Beatriz Corrêa A. Mendes<sup>1</sup>, Nyckollas Raphaell N. Ribeiro<sup>1</sup>, Anne Karolyne Caetano<sup>1</sup>, Renata I. S. Pereira<sup>1</sup>, Cassiano H. Albuquerque<sup>1</sup>, Sandro C. S. Jucá<sup>2</sup>, Felipe C. Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Brasil

<sup>3</sup>Escola Alternativa - Arapiraca - AL - Brasil

{esol2, phml1, bcaml, nrnrl, akcl} @aluno.ifal.edu.br,

{renata.pereira, cassiano.henrique}@ifal.edu.br,

sandrojuca@ifce.edu.br, felipeoliveira01@hotmail.com

**Abstract.** This article presents the development of PET 3D, a low-cost prototype designed to repurpose PET bottles by converting them into sustainable filament for 3D printing, aimed at educational robotics. The machine integrates automated slicing, extrusion, and IoT-based control processes, using an ESP32 microcontroller to ensure 1.75 mm filament compatible with FDM printers. Tests showed an average utilization rate of around 90% of the bottle body, confirming its technical and economic feasibility. The project promotes sustainable and inclusive practices, encouraging the circular economy and expanding access to Maker Culture and technological education in schools with limited resources.

**Resumo.** Este artigo apresenta o desenvolvimento do PET 3D, um protótipo de baixo custo projetado para reaproveitar garrafas PET, convertendo-as em filamento sustentável para impressão 3D voltada à robótica educacional. A máquina integra processos automatizados de filetagem, extrusão e controle via IoT, com uso de microcontrolador ESP32, garantindo filamento de 1,75 mm, compatível com impressoras FDM. Testes demonstraram taxa média de aproveitamento de cerca de 90% do corpo das garrafas, comprovando sua viabilidade técnica e econômica. O projeto promove práticas sustentáveis e inclusivas, incentivando a economia circular e ampliando o acesso à Cultura Maker e à educação tecnológica em escolas com recursos limitados.

## 1. Introdução

O Brasil produz cerca de 11 milhões de toneladas de resíduos plásticos anualmente, mas apenas 1,2% é efetivamente reciclado [ABRELPE 2022]. Grande parte desse volume corresponde ao Polietereftalato de Etileno (PET), usado em garrafas descartáveis, que representa fonte de poluição e formação de microplásticos nocivos à saúde e ao meio ambiente [WWF 2022]. A problemática é agravada pela dispersão inadequada desses resíduos e pelo fato de que o PET não se decompõe rapidamente, podendo se fragmentar

em partículas capazes de entrar na cadeia alimentar [Lima et al. 2022]. Paralelamente, a Robótica Educacional tem demonstrado potencial para promover a criatividade e o desenvolvimento de competências nas áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). No entanto, ainda enfrenta barreiras de custo, principalmente em escolas públicas [Jucá et al. 2023]. Nesse contexto, o uso de filamento 3D sustentável, derivado de garrafas PET, surge como alternativa para diminuir despesas e fomentar a Cultura Maker. O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma máquina IoT de baixo custo que converte garrafas PET em filamento para impressão 3D, possibilitando a fabricação de peças para projetos de Robótica Educacional. A iniciativa se alinha aos objetivos do I.D.E.I.A. 2025, um evento satélite do CSBC 2025, cuja proposta é incentivar práticas inovadoras em educação e inclusão, com foco na sustentabilidade e na democratização tecnológica.

## 2. Metodologia

A metodologia foi organizada em três etapas principais: Desenvolvimento da máquina PET 3D, Modelagem 3D e Impressão 3D de peças para Robótica Educacional, a serem detalhadas a seguir.

### 2.1. Desenvolvimento da Máquina PET 3D

Inicialmente, projetou-se um conjunto de rolamentos e lâminas ajustáveis para cortar as garrafas em fitas de cerca de 1 cm de largura, processo denominado de filetagem. A regulagem da lâmina permite adaptar o corte conforme a espessura do PET – que pode variar conforme a marca e o volume da garrafa – assegurando uniformidade no filete. Em seguida, o filete é aquecido e moldado (Fig. 1 a) em um *hotend* adaptado (do tipo MK8) a temperaturas entre 220 °C e 240 °C, conforme verificado em testes práticos e em conformidade com estudos sobre extrusão de termoplásticos [Ferreira 2020], sendo por fim armazenado em um carretel. O monitoramento da temperatura se dá por sensor NTC 100K, cuja leitura é processada por um microcontrolador ESP32.

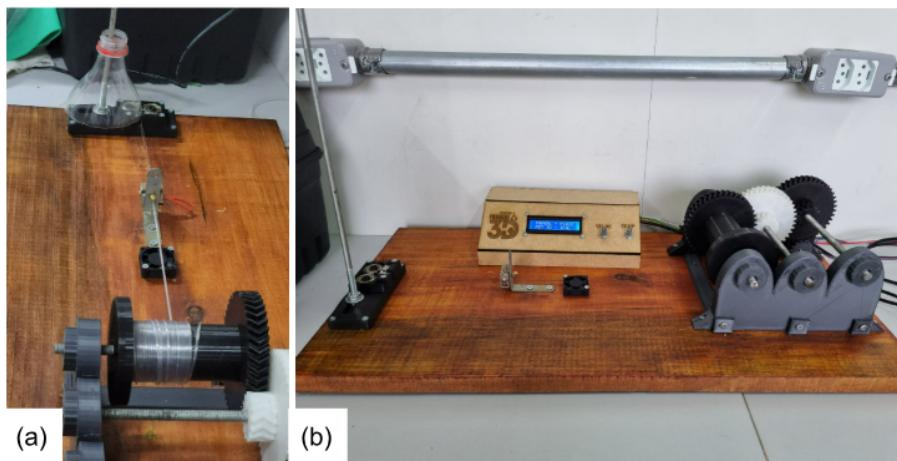
Para tracionar e enrolar o filamento, utilizou-se um motor de passo Nema17 acoplado a um conjunto de engrenagens modeladas pelos autores e impressas em 3D, garantindo torque suficiente e velocidade controlada. O ESP32 monitora temperatura e velocidade de enrolamento, exibindo informações em um display LCD I2C (Fig. 1 b).

### 2.2. Modelagem 3D

Foram empregados TinkerCAD e FreeCAD, ambas ferramentas gratuitas [Hebebcı and Hebebcı 2021], para modelar peças como a base da filetadora e os suportes do carretel. A facilidade de uso do TinkerCAD ajudou nas versões preliminares, enquanto o FreeCAD ofereceu maior precisão em peças mais complexas. As partes iniciais foram impressas em PLA, filamento biodegradável, para avaliar a robustez das engrenagens e suportes. Após a validação, testou-se o próprio filamento PET reciclado nos equipamentos de impressão 3D, verificando compatibilidade de diâmetro e resistência.

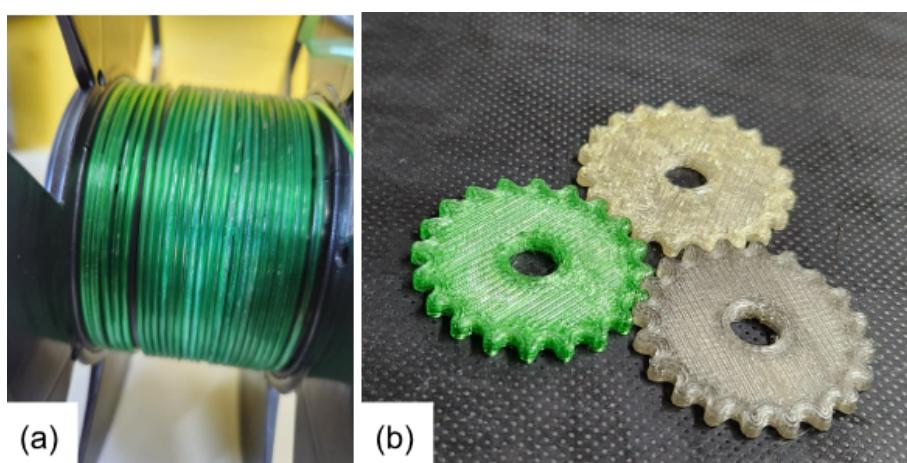
### 2.3. Impressão 3D de peças para Robótica Educacional

Para demonstrar a aplicação do filamento reciclado produzido (Fig. 2 a), foram desenvolvidas peças para Robótica, como engrenagens (Fig. 2 b). O filamento PET produzido, além de ser uma solução sustentável para o descarte de garrafas, apresenta melhor



**Figura 1. (a) Filetagem e (b) Máquina PET 3D desenvolvida**

aderência à mesa de impressão, maior resistência térmica e física em comparação ao PLA. Oferece benefícios semelhantes ao ABS, porém com a vantagem de operar em temperaturas iguais ou mais baixas e com menor custo.



**Figura 2. (a) Filamento PET produzido e (b) engrenagens impressas**

### 3. Resultados e Discussão

A automação implementada por meio do microcontrolador ESP32 à máquina de produção de filamento PET reciclado trouxe avanços significativos ao projeto, especialmente pois possibilitou o controle preciso da temperatura e da velocidade de extrusão, permitindo o monitoramento remoto via Wi-Fi. A integração de um motor de passo Nema 17, aliado a uma caixa de redução impressa em 3D, garantiu a tração constante do filamento, otimizando a qualidade do material gerado.

A máquina apresentou boa estabilidade operacional, com aproveitamento médio de 90% da massa original do corpo das garrafas PET (desconsiderando-se previamente as partes não aproveitáveis como tampa, topo, fundo e extremidades irregulares). Garrafas de 2 litros renderam em média 5 m de filamento, enquanto as de 1,5 litros, produziram 4,75 m. A extrusora manteve-se entre 210 °C e 230 °C, com variação máxima de  $\pm 10$

°C, e produziu filamento com diâmetro médio de 1,75 mm, com variações de até  $\pm 0,05$  mm, compatível com impressoras 3D FDM. Os testes de impressão demonstraram boa aderência entre camadas, sendo o material adequado para estruturas mecânicas. O projeto foi apresentado em feiras científicas regionais, promovendo engajamento de estudantes e popularização da Ciência. Em 2023, obteve o segundo lugar na categoria Engenharia e Robótica em uma feira de ciências regional, sendo credenciado para a Mostra Internacional de Ciência e Tecnologia (MOSTRATEC) 2024. Além dos resultados técnicos, a iniciativa fortaleceu o aprendizado prático em automação, IoT e sustentabilidade, promovendo competências como criatividade, pensamento crítico e trabalho em equipe entre os estudantes.

#### 4. Considerações Finais

O desenvolvimento da máquina PET 3D evidencia o potencial de soluções tecnológicas sustentáveis e da Cultura Maker aplicadas ao contexto educacional. O projeto alcançou resultados expressivos tanto na dimensão técnica quanto pedagógica, ao integrar conhecimentos de diversas áreas e proporcionar um ambiente de aprendizagem prática, colaborativa e inovadora. A produção de filamento PET reciclado, aliada ao uso de tecnologias como o ESP32 e motores de passo, não apenas otimizou o processo de extrusão, como também tornou a proposta viável para instituições com orçamentos limitados. A possibilidade de reutilizar resíduos plásticos para imprimir peças educacionais fortalece práticas de economia circular e amplia o alcance da Cultura Maker nas escolas públicas. Além disso, o reconhecimento em eventos científicos e a interação com estudantes de outras etapas do ensino confirmam o impacto social e educacional da iniciativa. Espera-se que, ao final do projeto, a máquina automatizada esteja completamente funcional e que os conhecimentos adquiridos contribuam para o despertar de vocações científicas, ao mesmo tempo em que promovem a conscientização ambiental e o desenvolvimento sustentável.

#### Referências

- ABRELPE (2022). Panorama dos resíduos sólidos no brasil. Acesso em: 05 dez. 2024.
- Ferreira, F. F. (2020). Estudo e desenvolvimento de filamento de pet reciclado para impressoras 3d fdm. Dissertação (mestrado em engenharia de materiais), UFOP - UEMG, Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT).
- Hebebcı, M. T. and Hebebcı, G. M. (2021). Evaluation of 3d design applications in stem education. In Jackowicz, S. and Ozturk, O. T., editors, *Proceedings of ICSES 2021*, pages 28–39, Antalya, TURKEY. ISTES Organization.
- Jucá, S. C. S., Pereira, R. I. S., and Silva, J. F. (2023). *Plataforma Didática para Ensino à Distância de Microcontroladores e Internet das Coisas*. EDIFCE, Fortaleza. Acesso em: 12 jun. 2024.
- Lima, I., Pavão, L., Gomes, L., Ferraz, M., Sales, A., Moreira, A., and Domingues, M. (2022). Implementação de um sistema para auxílio na coleta dos resíduos sólidos urbanos. In *Anais do IX EnCompIF*, pages 77–84, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- WWF (2022). Transparent 2022 - annual resource: Plastic progress report. Technical report, ReSource. Acesso em: 13 maio 2024.