

CONSTRUINDO UMA FILAMENTADORA SEMI AUTOMATIZADA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE *MAKER*

Deley A. Noberto da Silva¹, Franciele da S. Mota², Angelo F. Pitanga³, Ana C. de Melo Oliveira⁴

¹Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFS Campus Lagarto, Bolsista PIBIC/CNPq

²Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFS Campus Lagarto, Bolsista PIBIC/CNPq.

³Doutor em Educação, Mestre e Licenciado em Química. Professor EBTT– IFS Campus Lagarto e dos Programas de Mestrado em rede ProfEPT/IFS e ProfCiamb/UFS.

⁴Professora do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFS Campus Lagarto

deleycsp@gmail.com, francielemota47@gmail.com,
angelo.pitanga@ifs.edu.br, ana.melo@ifs.edu.br

Abstract: *The Maker culture has driven active learning, and this work develops an automated filament maker to recycle PET bottles into 3D printing filaments. The system includes a cutter, extruder, and automated puller with Arduino and NEMA 17 motor, along with PID control via REX C100. Tests analyzed traction speeds and bottle thicknesses, showing an impact on filament quality. Printing with recycled filament was feasible, requiring adjustments to the printer. The results highlight the potential of additive manufacturing to reuse plastics in sustainable and economically viable projects.*

Resumo: *A cultura Maker tem impulsionado a aprendizagem ativa, e este trabalho desenvolve uma filamentadora automatizada para reciclar garrafas PET em filamentos 3D. O sistema inclui filetadora, extrusora e puxador automatizado com Arduino e motor NEMA 17, além de controle PID REX C100. Testes analisaram velocidades de tração e espessuras das garrafas, demonstrando impacto na qualidade do filamento. A impressão com filamento reciclado foi viável, exigindo ajustes na impressora. Os resultados destacam o potencial da manufatura aditiva para reutilizar plásticos em projetos sustentáveis e economicamente viáveis.*

1 INTRODUÇÃO

A cultura *Maker* tem se destacado como uma abordagem inovadora na educação, promovendo um aprendizado ativo e colaborativo. Segundo Almeida, Wunsch e Martins (2022), a educação *Maker* incentiva o protagonismo do aluno no processo de aprendizagem, utilizando metodologias "mão na massa" que estimulam a criatividade, a experimentação e a resolução de problemas. Essa abordagem se baseia nos princípios do construcionismo de Papert (1980), defendendo que a aprendizagem ocorre de maneira mais significativa quando o aluno está envolvido na construção de algo que lhe interessa

Além de incentivar a aprendizagem ativa e colaborativa, a cultura *Maker* tem sido

amplamente adotada no ensino de ciências, promovendo um ambiente dinâmico e interdisciplinar. A integração de metodologias como STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts e Math) e Design Thinking, conforme apontado por Sales *et al.* (2023), permite que os alunos desenvolvam habilidades técnicas e socioemocionais. No entanto, a implementação dessa abordagem ainda enfrenta desafios, como a falta de materiais e a necessidade de laboratórios equipados para atividades práticas, dificultando sua ampla aplicação.

Paralelamente, a preocupação com a sustentabilidade tem ganhado destaque, especialmente no que diz respeito ao descarte inadequado de resíduos plásticos. O PET (politereftalato de etileno), amplamente utilizado na indústria devido à sua resistência mecânica, brilho e excelente barreira a gases, tem um impacto ambiental significativo. Seu uso crescente no empacotamento, especialmente na indústria de bebidas, resultou em uma produção anual de aproximadamente 9,0 bilhões de garrafas no Brasil, das quais 53% não são recicladas (Pacheco *et al.*, 2021). Esse cenário evidencia a necessidade urgente de soluções inovadoras para o reaproveitamento desse material.

Nesse contexto, a manufatura aditiva surge como uma alternativa sustentável e economicamente viável. O avanço das impressoras 3D revolucionou a fabricação de objetos, tornando a prototipagem rápida acessível ao uso pessoal desde 2006 (Pinheiro *et al.*, 2018). A produção de filamentos, essenciais para essa tecnologia, é baseada na extrusão de polímeros como PET, PLA e ABS, permitindo a criação de materiais personalizados e de baixo custo (Zwarycz, 2022). O uso de software CAD no processo de design minimiza a necessidade de intervenção humana, reforçando a importância da reciclagem de polímeros como uma solução estratégica para a manufatura aditiva e a redução do impacto ambiental..

Por fim, esse trabalho apresenta os primeiros resultados obtidos com o desenvolvimento de um sistema automatizado para converter garrafas PET em filamentos para impressoras 3D, promovendo a sustentabilidade e a cultura *Maker*. O projeto inclui a produção de filetadora para corte das garrafas, extrusora de filamentos e puxador com controle manual de velocidade, utilizando Arduino e motor de passo. Dessa forma, busca-se incentivar a reciclagem e a educação tecnológica, ampliando as possibilidades de reaproveitamento do plástico de forma acessível e eficiente.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório IFMaker do Instituto Federal de Sergipe (IFS) - Campus Lagarto. O ambiente decididamente equipado com ferramentas e dispositivos adequados para o desenvolvimento e testes dos filamentos. Os materiais e equipamentos utilizados para a execução do processo estão descritos a seguir.

2.1 Materiais utilizados

Quadro 1. Lista de materiais utilizados.

QUADRO 1 – Lista de materiais

	Nome
1.	Arduino mega
2.	Display LCD 16x2
3.	Potenciômetro 10k

4.	Controladora REX C100
5.	Extrusora MK8 12V 40W
6.	Fonte ATX
7.	Barra roscada m8, porcas e arruela m8
8.	Motor de passo NEMA 17
9.	Driver Motor Ponte H L298n
10.	Relé de Estado Sólido SSR 40 DD Entrada 3-32VDC saída 5-60 VDC
11.	Resistores de 5k, 1/4W
12.	LED difuso
13.	Rolamento 608 8x22x7
14.	Lâmina de estilete
15.	Termopar tipo K

Fonte: autores (2025).

2.2 Métodos

2.2.1 Modelagem, impressão 3D e montagem de peças estruturais do projeto Filetadora

No desenvolvimento do filetador de PET, foi utilizada a plataforma TinkerCad® para modelar uma base com um orifício maior destinado à fixação de uma barra, que atua como eixo estabilizador para as garrafas. A base conta com um guia de 9,0 mm de altura para manter o filete alinhado até chegar à lâmina de corte, além de orifícios de 3,0 mm para a fixação da lâmina e da própria base ao suporte. Com o objetivo de reutilizar carretéis vazios de filamento, foram modelados também um eixo, um suporte e uma manivela, enrolar o plástico filetado, conforme ilustrado na Figura 1.

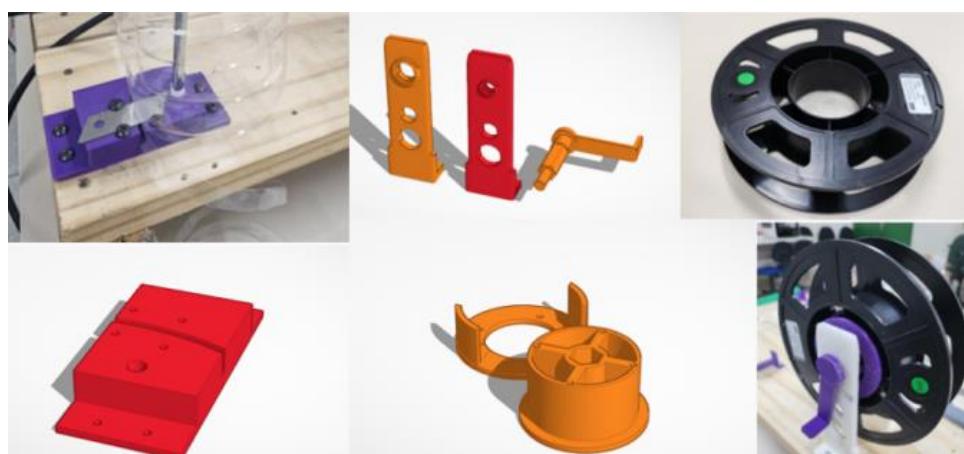


Figura 1 - Base da filamentoadora e enrolador: (A)

Arquivo da base <https://www.tinkercad.com/things/9Q0YI50c9r8-base-da-filletadora?sharecode=8H_tTWaa0ASrHP5KY0ZwWw5AAxj14P30PLV3UthgTOs>. (B) Arquivo da enroladora <<https://www.tinkercad.com/things/kTp00cm9gTQ-enrolador>>

manual?sharecode=ncL51ZyWtSahPkgRex8CCvVRZo5fxb8kpVgGwBpaVgM> (Elaborada pelos autores, 2025).

2.2.2 Puxadora de filamento

O puxador do filamento, de acordo com Figura 2, foi totalmente modelado e automatizado com um motor de passo NEMA 17 (modelo 17HS4401) controlado por Arduino. A caixa de redução, projetada para o sistema de puxador, é composta por uma engrenagem motora de 8 dentes e uma engrenagem movida de 57 dentes, conectadas por uma intermediária, resultando em uma rotação reduzida de aproximadamente 42 RPM (Código Arduino: <<https://drive.google.com/file/d/1VKWyd52mKGt32ByT3keURpcmMtJpHVXi/view?usp=sharing>>). Esse controle de tração, conforme salientado por Souza e Rocha. (2024), é essencial para garantir a uniformidade e a qualidade do material reciclado, um fator crucial para a impressão 3D.

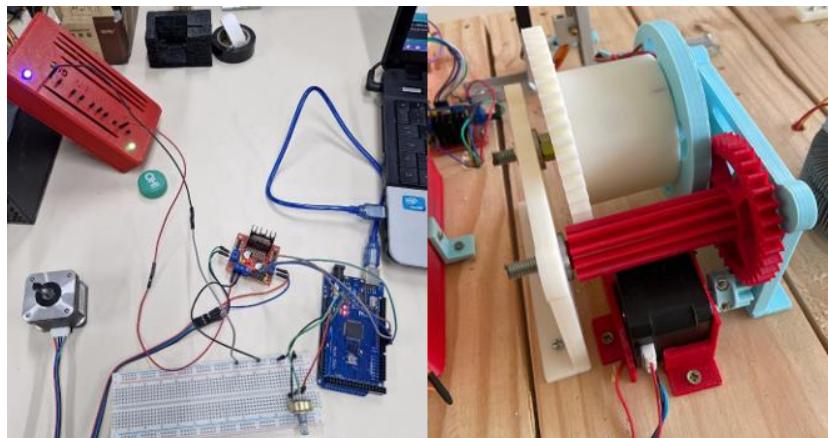


Figura 2 - Enroladora de filamentos: (1) Arquivo <<https://www.tinkercad.com/things/0l6xguSdqoL-puxadora?sharecode=pL5F0xrnRDGwvHgDpDaZf3tKpksSpHDhjcfV2ABAWh>>, (2) Arquivo <<https://www.tinkercad.com/things/7pGYKjMjP1X-puxador?sharecode=cT2hgGtv6TIZgN7PSNhcnREmf51v4LIZrsmgTLR48NY>>, (3) Arquivo <https://www.tinkercad.com/things/hQMyNYlrWal-engmotor?sharecode=xbMA4uaOJxNnszRDW4Fm08LH_YKzw-WScNeHfLGabBY>, (Elaborada pelos autores, 2025).

A puxadora foi projetada para tracionar o plástico filetado pela extrusora e enrolá-lo no carretel de forma semiautomática, utilizando um Arduino Mega, um motor de passo NEMA 17, um Driver Motor Ponte HL298N e um potenciômetro para ajuste manual da velocidade. Através da biblioteca Stepper.h, o Arduino lê continuamente o valor do potenciômetro, que varia de 0 a 1023, e o mapeia para uma faixa de 0 a 100 RPM. Esse controle permite que o motor execute incrementos precisos de 1/100 de uma revolução, proporcionando movimentos suaves e constantes na tração do filamento.

2.2.3 Extrusora e controle de temperatura

Para a etapa de controle de temperatura, Figura 3, foi utilizada uma extrusora MK8 e o controlador PID (Proporcional, Integrativo e Derivativo) REX C100, compatível com sensores como o termopar tipo K, empregado neste projeto. O controlador ajusta a saída de controle com base nas medições do sensor, ativando um relé SSR (*solid state relay*), modelo SSR-25 DD 25A DC-DC, para manter a temperatura estável. A sintonia do PID foi configurada em modo automático (autotuning), que permite ao controlador ajustar automaticamente os parâmetros PID.

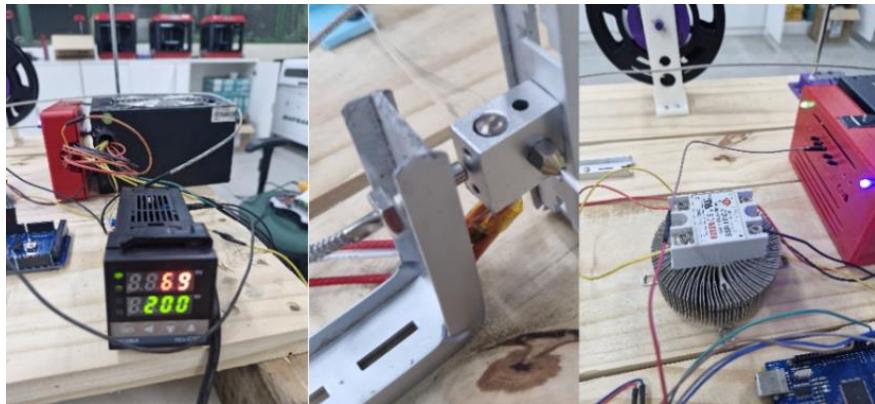


Figura 3 - Sistema de controle de temperatura (Elaborada pelos autores, 2025).

2.2.4 Alimentação do sistema e Display LCD (Liquid Crystal Display).

Para alimentar o projeto, foi adaptada uma fonte ATX reciclada de um computador antigo, transformando-a em uma fonte de bancada caseira, que oferece cargas entre 5V - 12V, conforme ilustrado na Figura 4. Essa escolha se deve à boa potência e a variedade de tensões disponíveis, tornando-a uma solução versátil e de baixo custo. O projeto também inclui um display LCD para monitorar em tempo real a velocidade do motor de passo do puxador de filamentos. Além disso, uma case personalizada foi modelada no TinkerCad® para acomodar o LCD, o Arduino e o potenciômetro.

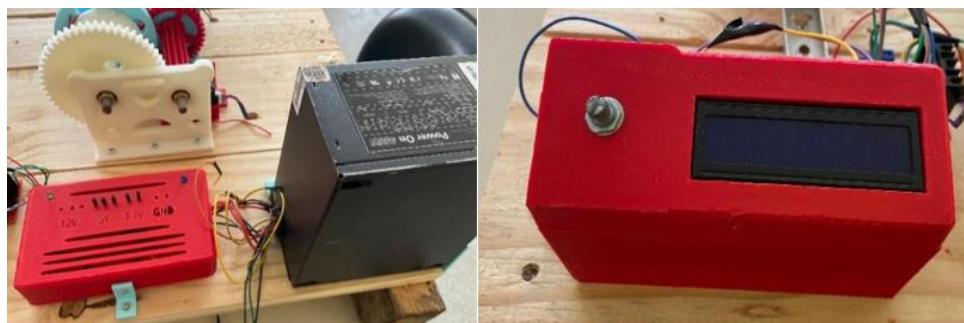


Figura 4 - Fonte de alimentação e display: (A) Arquivo fonte <https://www.tinkercad.com/things/8eRDLAens47-fonte?sharecode=8tCK1jni8GOBEnqb8xTegRiD9C-8ckHfB8c1hXNjo5c>, (B) Arquivo case <https://www.tinkercad.com/things/09ipfO0gswX-case?sharecode=QW1YxFINLRtlzTVgRwUrwwzo79eHwyxqEJbF58pEhM>, (Elaborada pelos autores, 2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de produção de filamentos de PET reciclado inicia-se com a preparação das garrafas, que passam por limpeza, remoção de rótulos, secagem e aquecimento para suavizar dobras. Após esse preparo, as garrafas são cortadas em tiras de 9,0 mm a 1,0 cm no filetador manual. O controle de temperatura é realizado pelo controlador PID REX C100, ajustado para 250°C, utilizando um sensor tipo K e um relé de estado sólido para ativação do aquecimento. Em seguida, o filete de PET é derretido na extrusora e puxado pelo motor de passo NEMA 17, formando o filamento reciclado. A figura 5, a seguir, detalha um fluxograma do processo.

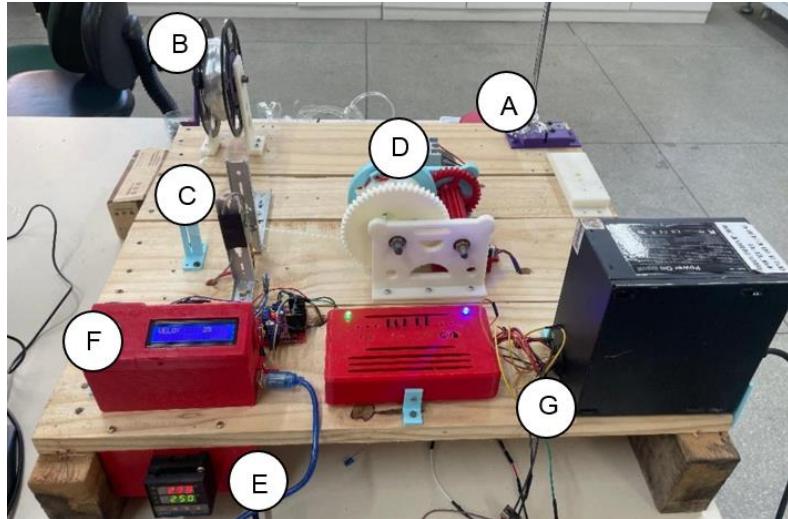


Figura 5 – Fluxograma do processo: (A) filetadora; (B) enroladora de filete; (C) extrusora; (D) puxadora de filamento; (E) controlador de temperatura; (F) display LCD; (G) fonte de alimentação. Fonte: (Elaborada pelos autores, 2025).

3.1 Teste da filetadora

O processo de preparação das garrafas para a produção de filamento de PET reciclado, Figura 6, inclui limpeza, remoção de rótulos e resíduos de cola e secagem. Entretanto, a variação de design das garrafas, com dobras e curvas específicas de cada fabricante, representa um desafio para obter filetes de largura uniforme, entre 9,0 mm e 10,0 mm, pois as irregularidades podem interromper o processo de extrusão. Para contornar esse problema, foi adotado o uso de um maçarico para aquecer a garrafa, e girando com auxílio de uma furadeira, suavizando as dobras e resultando em filetes mais uniformes. Além disso, a espessura das garrafas, que varia conforme o tipo de bebida e fabricante, também influencia a qualidade do filete.



Figura 6 - Filetadora e garras PET de vários modelos (Elaborada pelos autores, 2025).

3.2 Teste da extrusora.

Inicialmente, ajustes foram realizados na extrusora, conforme Figura 7, com a parte traseira alargada usando brocas de 6,0 mm e 8,0 mm para facilitar a alimentação do material, e o bico de saída modificado para uma espessura de 1,7 mm, padrão para filamentos de impressoras 3D. Uma extrusora de suporte em alumínio foi criada para fixar a extrusora. Em seguida, três testes foram conduzidos com diferentes velocidades do puxador de filamento, utilizando um controlador de temperatura PID sintonizado automaticamente, visando analisar a influência da velocidade de tração na qualidade do filamento, sua espessura, variação de temperatura, esforço de tração e estabilidade do sistema.

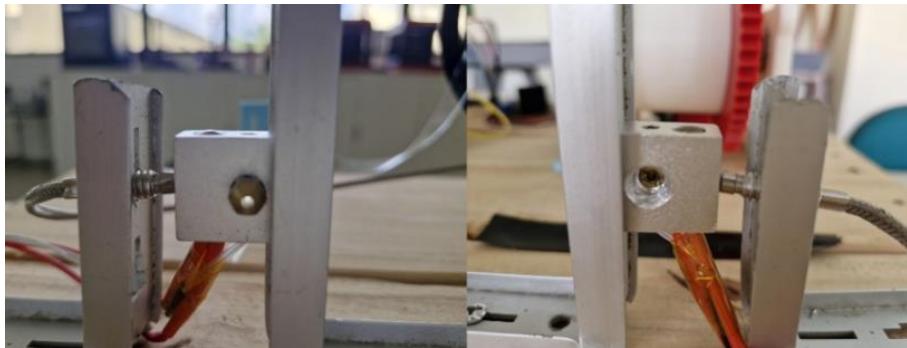


Figura 7 – Imagem da Extrusora. (Elaborada pelos autores, 2025).

3.3 Teste com garrafas de espessuras diferentes (0,1 mm e 0,3 mm).

Os testes foram realizados com os dois tipos de garrafas, utilizando um filete de 1,0cm e velocidades de teste de 10, 15 e 25 RPM, da engrenagem motora, apresentado na figura 8. O processo foi iniciado com a temperatura definida em 250°C, alinhada com a faixa de trabalho do Polietileno Tereftalato (PET), que varia entre 240°C - 260°C, conforme informações da literatura técnica sobre polímeros (Callister, 2016).

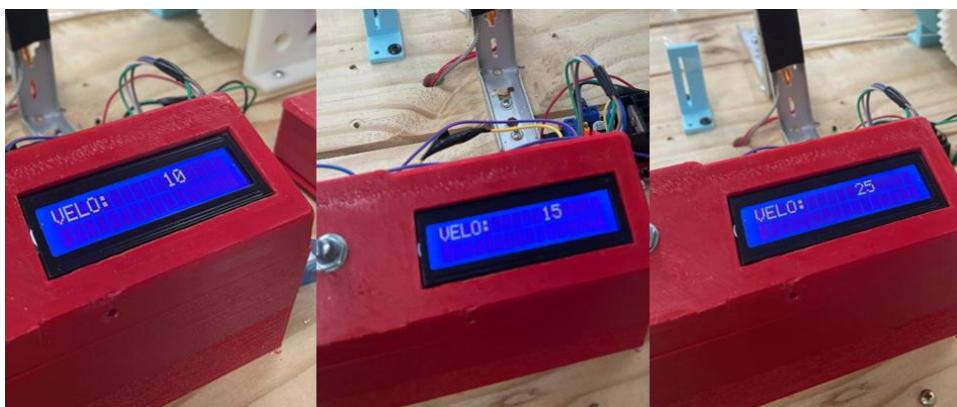


Figura 8 - Testes de Controle de velocidade. (Elaborada pelos autores, 2025).

O filamento produzido com a garrafa com de 0,3 mm de espessura e velocidade de 10 RPM, apresentou boa qualidade, produzindo um filete fino e de aspecto uniforme, com diâmetro ideal de aproximadamente 1,75 mm, com variação de temperatura entre 230°C - 240°C, mantendo-se estável em todas as velocidades testadas.

Nos testes com velocidade de 15 RPM, o filamento manteve qualidade semelhante, embora o puxador enfrentasse um maior esforço, mas o sistema permaneceu estável. Em contraste, ao operar a 25 RPM, a qualidade do filamento caiu consideravelmente, apresentando um aspecto áspero e menos uniforme, resultando em interrupção do processo devido ao rompimento, apesar do diâmetro ter se mantido em 1,75 mm.

Para garrafas 0,1 mm, aplicando as tres velocidade de 10, 15 e 25 RPM, a espessura do filamento ficou abaixo do ideal, cerca de 1,0 mm, e, embora a temperatura se mantivesse constante o filamento apresentou um aspecto irregular, como pode ser observado na Figura 9.

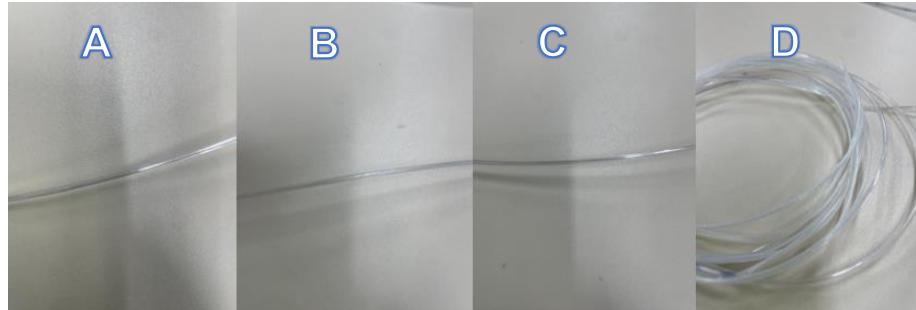


Figura 9 - Filamentos com garrafas de 3,0mm em diferentes rotações: (A) 10 RPM; (B) 15 RPM; (C) 25 RPM; e, (D) garrafa de 0,1 mm em diferentes rotações 10, 15 e 25 RPM. Fonte: autores (2024).

3.4 Impressão 3D

Durante o processo de testagem, foi possível realizar a impressão de algumas peças com filamento reciclado, embora ajustes nas configurações da impressora e no fatiador tenham sido necessários (figura 10). O fluxo do material foi aumentado para 120%, e as temperaturas do bico e da mesa foram ajustadas para 260 °C e 100 °C, respectivamente. Apesar dessas modificações, algumas áreas ainda precisam de melhorias, como a tração da impressora ao puxar o filamento, além de problemas como a facilidade de interrupção do fluxo de filamento e a importância de um nivelamento preciso da mesa para garantir a qualidade da impressão.

Foi modelado um porta-canetas com um design mais complexo, buscando explorar a usabilidade do material reaproveitado e testar sua viabilidade em peças maiores e mais elaboradas. Esse modelo permitiu analisar o comportamento do filamento durante o processo de impressão, observando aspectos como adesão à mesa, estabilidade dimensional e resistência da peça final. Durante toda a impressão, o filamento manteve um desempenho estável, sem variações significativas que comprometessem a qualidade do objeto, demonstrando o potencial do material reciclado para aplicações mais exigentes na manufatura aditiva.

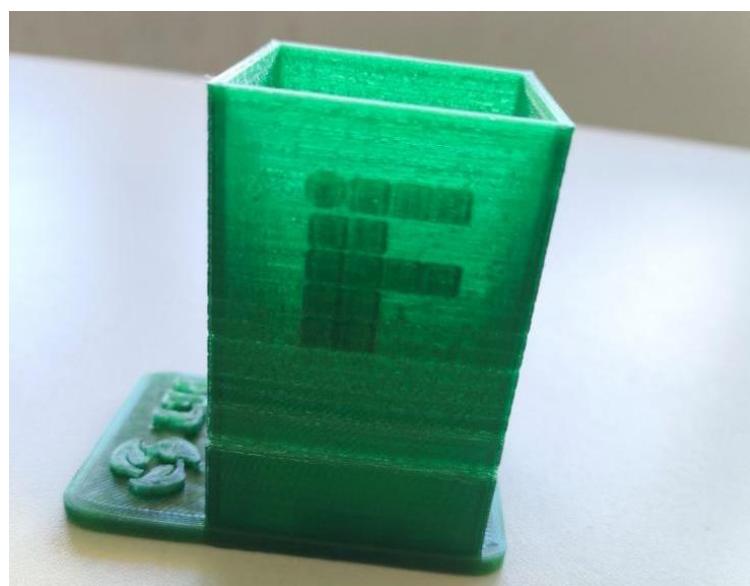


Figura 10 – Peça impressa.

3.5 Dimensão Educacional da Experiência *Maker*

A experiência de construção da filamentoadora semi automatizada transcendeu os aspectos técnicos e operacionais, configurando-se como uma rica vivência educacional baseada nos princípios da cultura *Maker*. Os estudantes envolvidos no projeto atuaram como protagonistas de sua própria aprendizagem, assumindo papéis ativos na resolução de problemas, desenvolvimento de soluções e tomada de decisões ao longo de todo o processo de construção e testes do equipamento.

Durante as atividades no laboratório IFMaker, os discentes aplicaram conhecimentos interdisciplinares, como eletrônica, controle de temperatura, modelagem 3D, programação em Arduino e noções de mecânica. Mais do que apenas executar tarefas, os estudantes foram incentivados a entender profundamente o funcionamento de cada etapa do sistema, o que favoreceu o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia e da criatividade, pilares da educação contemporânea.

Além disso, o projeto permitiu o contato com situações reais e desafiadoras, como a instabilidade da temperatura da extrusora, a variação na espessura das garrafas PET e o ajuste fino da tração do filamento. Essas dificuldades, em vez de desmotivar, reforçaram o espírito investigativo e colaborativo, criando oportunidades para a aprendizagem por tentativa e erro e para a valorização do processo, não apenas do produto final.

4 CONCLUSÃO

A produção de filamentos de PET reciclado demonstrou ser um processo complexo que requer um rigoroso controle das variáveis envolvidas, observou-se que a variação de velocidade influencia na qualidade final do filamento. É importante destacar que o controlador PID apresentou dificuldade para atingir o *setpoint* definido, mas se manteve estável, assim como também é evidente que a espessura da garrafa influencia no processo.

A impressão da peça com filamento reciclado foi um passo importante, mas exigiu ajustes significativos nas configurações da impressora, como aumento do fluxo de material e ajuste fino de nivelamento da mesa, que melhoraram a qualidade da peça. No entanto, ainda é necessário aperfeiçoar a tração da impressora e resolver problemas como interrupções no fluxo de filamento e o nivelamento da mesa. Essas experiências destacam a importância do aprimoramento contínuo no processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de iniciação científica (PIBIC), para o desenvolvimento deste projeto.

5 REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ALMEIDA, A. D. C.; WUNSCH, L. P.; MARTINS, E. B. Aprendizagem criativa e a educação maker: análise de boas práticas. **Dialogia**, [S. l.], n. 40, p. e21067, 2022. DOI: 10.5585/40.2022.21067.

SALES, G. F.; BRASILEIRO, C. C.; CASTRO, E. M. M.; VASCONCELOS, F. H. L. Cultura Maker no Ensino de Ciências na Educação Básica: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Educar Mais**, [S. l.], v. 7, p. 444-459, 2023. DOI: 10.15536/reducarmais.7.2023.3120.

SOUZA, F. V.; ROCHA, S. D. A utilização do Polietileno Tereftalato (PET) como filamento para impressão 3D. **Revista FA**, v. 28, n. 135, p. [S/I], 2024. DOI: 10.5281/zenodo.11628308.

PACHECO, J. A. L.; FARIAS, R. M.; PACHECO, G. F.; PACHECO, A. P. L. Termo-oxidação acelerada em garrafas PET descartadas no meio ambiente. **Brazilian Journal of Development**. [S. l.], v. 7, n. 2, p. 18957-18972, 2021. DOI: 10.5585/40.2022.21067.

PAPERT, S. **Constructionism: A new opportunity for elementary science education**. Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, 1986.

PINHEIRO, C. M. P.; MOTA, G. E.; STEINHAUS, C.; SOUZA, M. Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo. **Signos do Consumo**, v. 10, n. 1, p. 15-22, 2018. DOI: 10.11606/issn.1984-5057.v10i1p15-22.

ZWARYCZ, A. **Desenvolvimento de um triturador de plásticos para produção de filamento de impressora 3D**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso em (Tecnólogo em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Guarapuava, 2022.