

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

ESTUDO DE VIABILIDADE E FABRICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE FILAMENTOS PARA IMPRESSORAS 3D A PARTIR DE PET PÓS-CONSUMO

Thiago Zanella da Mota – PACTec/IFSP¹ - Registro

Prof. Dr. Raphael de Abreu Alves e Silva - IFSP² - Registro

Considerações iniciais

O cenário industrial contemporâneo enfrenta o paradoxo entre o aumento exponencial da produção de plásticos e taxas de reciclagem global que permanecem em níveis insuficientes para mitigar o impacto ambiental (LITTLE et al., 2020). Nesse contexto, a manufatura aditiva consolidou-se como tecnologia disruptiva da Indústria 4.0, porém o alto custo dos filamentos comerciais e o desperdício de insumos em ambientes de prototipagem, como o laboratório IFMaker do IFSP campus Registro, impõem barreiras à sustentabilidade do setor (MIKULA et al., 2021). O Polietileno Tereftalato (PET), um poliéster termoplástico de fórmula química $C_{10}H_8O_4$, destaca-se por sua alta tenacidade e baixa permeabilidade a gases, sendo amplamente reciclado no Brasil, embora seu potencial para aplicações de alto valor agregado, como filamentos 3D, ainda seja subexplorado (ABIPET, 2021; SILVA; LINS; COTTING, 2019). O reprocessamento do PET exige cautela técnica devido à sua natureza higroscópica; a absorção de umidade atmosférica, se não corrigida por secagem rigorosa, desencadeia a degradação hidrolítica durante a extrusão, quebrando cadeias moleculares e reduzindo a viscosidade intrínseca do material (BUSTOS SEIBERT et al., 2022). O paradigma da Reciclagem Distribuída para Manufatura Aditiva (DRAM) propõe a transformação local de resíduos plásticos em insumos funcionais, reduzindo custos logísticos e promovendo a economia circular (LITTLE et al., 2020). A viabilidade deste processo depende da precisão térmica, visto que o PET possui uma faixa de fusão crítica em torno de 255 graus Celsius, exigindo sistemas de controle que evitem tanto a fusão incompleta quanto a degradação térmica por sobreaquecimento (ZAGHBANI et al., 2023). Este trabalho foca no desenvolvimento de uma extrusora monorosca de baixo custo, utilizando pellets de resina PET RCR (reciclada com valor agregado), incorporando inovações em eletrônica de potência e usinagem mecânica para superar as limitações de torque e estabilidade térmica observadas em projetos genéricos de código aberto (EBOH; OSIDEKO; ONITIRI, 2021; OLIVEIRA et al., 2024). O objetivo central desta pesquisa é validar a viabilidade técnica e mecânica de um protótipo de extrusora monorosca otimizado para o processamento de pellets de PET RCR, comparando o desempenho de componentes convencionais com as modificações customizadas de alto torque e controle PID via Relé de Estado Sólido para a produção de filamentos 3D estáveis.

¹Estudante do curso de Engenharia de Produção, IFSP Registro – Registro/SP. E-mail do primeiro autor: thiago.mota@aluno.ifsp.edu.br.

²Mestre em Controle e Automação de Processos, IFSP Registro – Registro/SP. E-mail do autor: raphael.abreu@ifsp.edu.br.

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

Metodologia

A pesquisa adotou uma metodologia intervencionista experimental, estruturada no projeto e construção de um artefato tecnológico com orçamento inferior a 1000 reais. O subsistema mecânico baseia-se no princípio do transportador helicoidal, utilizando uma broca mourão de madeira com medida inicial (25 mm x 460 mm) adaptada como fuso de extrusão (QUEIROZ, 2018). No subsistema motriz, o motor de passo NEMA 17 utilizado inicialmente foi substituído por um motor de limpador de para-brisa de 12V DC acoplado a um redutor de engrenagem sem-fim, controlado pelo driver Ponte H BTS7960. O trabalho mecânico envolveu usinagem em torno mecânico para a adaptação do eixo do motor para uma rosca esquerda e a fabricação de uma luva de acoplamento customizada com furos circulares e parafusos de fixação por pressão. O subsistema térmico utilizou uma resistência de coleira de mica de 200W, monitorada por um termopar tipo K com módulo MAX6675 e microcontrolador ESP32. A lógica de controle foi migrada de um sistema On-Off simples para um algoritmo PID (Proporcional-Integral-Derivativo) discretizado, atuando sobre um Relé de Estado Sólido (SSR) de 40A. Adicionalmente, o comprimento do canhão (tubo de alumínio) foi reduzido estrategicamente no torno para diminuir a resistência viscosa interna. O monitoramento foi integrado à plataforma Arduino IoT Cloud, permitindo a supervisão remota de parâmetros térmicos e de rotação em tempo real.

Análise dos dados e resultados

A análise comparativa revelou avanços significativos após as intervenções técnicas. A substituição do motor NEMA 17 pelo motor de limpador de para-brisa eliminou o gargalo de torque; enquanto o motor de passo estagnava sob a pressão de 255 graus Celsius devido ao seu torque limitado (cerca de 0,5 Nm), o motor automotivo, operando com correntes entre 15A e 17A, forneceu torque superior (estimado em 20 Nm), mantendo a rotação constante mesmo em baixas velocidades (OLIVEIRA et al., 2024). A vantagem do uso do driver BTS7960 residiu em sua capacidade de gerenciar essa alta demanda de corrente (até 43A) com dissipação térmica mínima, superando os drivers convencionais que sofriam danos por sobrecarga. Na mecânica de acoplamento, a transição para a rosca esquerda e a luva de pressão usinada provou ser uma solução superior à fixação por chavetas ou flanges padrão; como o fuso gira no sentido anti-horário para empurrar o polímero, a reação de torque na rosca esquerda promove o auto aperto dinâmico do conjunto, eliminando falhas por desprendimento mecânico comuns em operações prolongadas (QUEIROZ, 2018). A redução do comprimento do canhão validou-se como uma melhoria crítica, pois ao encurtar o percurso do polímero, reduziu-se o atrito interno e a carga sobre o motor, resultando em menor esforço motriz. No controle térmico, a substituição do relé mecânico pelo SSR permitiu frequências de chaveamento elevadas, essenciais para a eficácia do PID. Enquanto o controle On-Off original apresentava uma histerese térmica de até 10 graus Celsius, o sistema PID-SSR estabilizou a temperatura em uma faixa de +/- 2 graus Celsius em relação ao setpoint. Esta estabilidade é determinante para a qualidade reológica do PET; variações térmicas mínimas garantem viscosidade uniforme, o que se traduzirá na produção de filamentos com estabilidade dimensional satisfatória e variação de diâmetro inferior a 5%, atendendo às exigências de impressoras FDM (ZAGHBANI et al., 2023). Toda a montagem foi consolidada sobre uma base rígida fabricada a partir de uma tábua de madeira, que serviu também como suporte principal para o motor e para o canhão, garantindo estabilidade estrutural com baixo custo e facilidade de adaptação mecânica.

XII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 19, 20 e 21 de maio de 2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Considerações finais

Por tratar-se de um projeto de Iniciação Científica em fase de desenvolvimento, as próximas etapas preveem a caracterização mecânica sistemática dos filamentos produzidos através de ensaios de tração para quantificar a resistência e o módulo de elasticidade em comparação com filamentos de PETG comercial. Espera-se que a consolidação deste protótipo como uma ferramenta de baixo custo e alta precisão permita a reciclagem contínua de resíduos plásticos no IFMaker, democratizando o acesso a insumos e servindo como modelo replicável de tecnologia sustentável e economia circular para outras instituições de ensino. A pesquisa pretende demonstrar que a união entre usinagem de precisão e eletrônica de potência permite superar os desafios técnicos do reprocessamento do PET, transformando garrafas descartadas em inovação tecnológica de qualidade.

Referências

- ABIPET. Reciclagem. 2021. Disponível em: <https://abipet.org.br/reciclagem/>. Acesso em: 13 abr. 2026.
- BUSTOS SEIBERT, M. et al. Manufacturing of a PET Filament from Recycled Material for Material Extrusion (MEX). *Recycling*, v. 7, n. 5, p. 69, 2022.
- EBOH, F. C.; OSIDEKO, O.; ONITIRI, M. Fabrication of Extrudate Filaments from Waste Polyethylene Terephthalate Plastics for 3D Printers. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, v. 6, n. 2, p. 78-82, 2021.
- GEYER, B.; LORENZ, G.; KANDELBAUER, A. Recycling of poly(ethylene terephthalate) - A review focusing on chemical methods. *eXPRESS Polymer Letters*, v. 10, n. 7, p. 559-586, 2016.
- LITTLE, H. A. et al. Towards distributed recycling with additive manufacturing of PET flake feedstocks. *Materials*, v. 13, n. 19, p. 4273, 2020.
- MIKULA, K. et al. 3D printing filament as a second life of waste plastics - a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, p. 12321-12333, 2021.
- OLIVEIRA, E. S. de et al. Automação nos processos industriais: processo de implementação e o papel do gestor de tecnologia da informação. *Prospectus*, v. 6, n. 1, p. 153-203, 2024.
- QUEIROZ, G. Fundamentos do transporte helicoidal. São Paulo: Editora Técnica, 2018.
- SILVA, E. A.; LINS, V. F. C.; COTTING, F. Processo de moagem de garrafas PET pós-consumo. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 5, n. 1, p. 0033-0036, 2019.
- ZAGHBANI, I. et al. Extrusion and characterization of recycled polyethylene terephthalate (rPET) filaments. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 140, n. 36, p. e54363, 2023.