

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO

Curso de Técnico em Mecânica

Leonardo Sartori Lima

Marlon Amaral Bueno

Matheus Pereira Gonçalves

Rafael Dejani

**Protótipo para a produção de fio ecológico (PET) para ser utilizado como
matéria prima em impressora 3D.**

**Matão, SP
2023**

Leonardo Sartori Lima
Marlon Amaral Bueno
Matheus Pereira Gonçalves
Rafael Dejani

Protótipo para a produção de fio ecológico (PET) para ser utilizado como matéria prima em impressora 3D.

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. José Benedito Tosoni Decarlis Rodrigues Neto, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecânico.

Matão, SP 2023

RESUMO

O cenário industrial atual destaca-se pela expressiva produção de garrafas PET, especialmente no setor de refrigerantes e sucos, gerando um descarte significativo e prejudicial ao meio ambiente. Este trabalho propõe uma abordagem para lidar com esse problema, desenvolvendo um protótipo dedicado ao reaproveitamento de garrafas PET na produção de insumos para impressoras 3D, como matéria-prima para projetos escolares.

A proposta central envolve a concepção e implementação de uma máquina que fileta as garrafas PET, destacando-se pelo uso de um componente essencial de impressoras 3D, a "extrusora". O desafio reside na natureza termoendurecível do PET, superado pela utilização de filamentos especiais, como o PETG. O trabalho não se limita à construção da máquina, mas também reflete sobre a importância da reciclagem desse material prevalente na poluição ambiental.

A justificativa destaca o impacto ambiental das garrafas PET, cuja decomposição lenta contribui para a poluição, especialmente nos oceanos. A gestão inadequada desses resíduos destaca a urgência de estratégias mais conscientes, como a redução do consumo, aumento da reciclagem e investimentos em alternativas sustentáveis.

O estudo dos materiais utilizados como filamento para impressoras 3D, como ABS, PLA e TPU, é abordado, considerando suas características e configurações recomendadas. O trabalho também explora os principais componentes do projeto, com ênfase na extrusora 3D e nos filamentos de plástico como matéria-prima.

A metodologia descreve a construção do protótipo, destacando a base de madeira, a barra roscada para o filetagem das garrafas, a extrusora 3D e os componentes elétricos. A pesquisa inclui a escolha e configuração dos materiais, como a extrusora MK8, e ajustes técnicos para o funcionamento adequado. Apesar de desafios organizacionais no desenvolvimento, a equipe superou obstáculos, destacando a aprendizagem significativa e a eficácia do projeto na produção de filetes ecológicos.

Palavras-chave: Garrafa PET. Extrusora. Filamento e Reaproveitamento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Justificativa.....	6
1.2 Materiais utilizados como filamento.....	7
1.3 Principais componentes do projeto.....	9
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo Geral.....	10
1.4.2 Objetivos Específicos.....	10
2. METODOLOGIA.....	11
3. CONCLUSÕES FINAIS.....	17
4. REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O atual panorama industrial, especialmente no setor de refrigerantes e sucos, destaca-se pela expressiva produção de garrafas PET, que alcança a impressionante marca de 9 bilhões de unidades anuais apenas no Brasil, conforme revelado por pesquisas do órgão "Estadão". Contudo, uma problemática relevante acompanha esse crescimento exponencial: aproximadamente 53% das garrafas não são reaproveitadas, resultando em um descarte preocupante de 4,7 bilhões de unidades anualmente. Esse cenário contribui para a poluição ambiental, com consequências diretas para rios, lixões e áreas desabitadas.

Nesse contexto desafiador, surge a presente iniciativa, que propõe uma abordagem inovadora para lidar com o descarte massivo de garrafas PET. A proposta central deste trabalho é a concepção e implementação de um protótipo dedicado ao reaproveitamento desse material, com foco na produção de insumos para posterior utilização como insumos em novos projetos escolares. Esse processo consiste em filetar garrafas PET que se destaca em função do aumento de disponibilidade de matéria prima que pode vir a ser utilizado na confecção de produtos para a escola, como cortinas e cadeiras.

A essência desse projeto repousa na utilização de um componente essencial de impressoras 3D, a "extrusora", que, mediante uma força tracionada, aquece o filamento de forma contínua, possibilitando a modelagem precisa de peças em pequenos avanços sequenciais. Um desafio significativo enfrentado reside na natureza do PET, que é termoendurecível, ao contrário dos filamentos tradicionalmente utilizados em impressão 3D, que são termoplásticos. No entanto, a pesquisa identificou a possibilidade de utilizar filamentos especiais, como o PETG, uma variante do PET termoplástica, permitindo a impressão de objetos transparentes e duráveis.

Este trabalho não apenas se limita à construção de uma máquina, mas também reflete sobre a importância da reciclagem de um material tão prevalente na poluição dos mares e ambientes habitados pela população em geral. As informações apresentadas nesta introdução são fundamentadas em pesquisas bibliográficas e

análises de protótipos similares disponíveis em vídeos na internet, consolidando assim uma base sólida para a investigação que se desenrola nas próximas seções.

1.1 Justificativa

As garrafas PET, conhecidas como Polietileno Tereftalato, desempenham um papel crucial na embalagem de bebidas e produtos, mas seu impacto ambiental é inegável. A decomposição lenta dessas garrafas, quando descartadas inadequadamente, contribui significativamente para a poluição ambiental, especialmente nos oceanos, representando uma ameaça direta à vida marinha. A reciclagem, embora seja uma opção, muitas vezes não é efetiva, e a gestão inadequada desses resíduos torna-se uma fonte crescente de problemas ambientais.

O descarte dessas garrafas em aterros sanitários agrava ainda mais a situação, uma vez que a PET não se decompõe facilmente. Isso não apenas contribui para a escassez de espaço em aterros, mas também destaca a urgência de abordagens sustentáveis para lidar com a gestão de resíduos plásticos. Para enfrentar esse desafio, é imperativo adotar estratégias mais conscientes, como a redução do consumo, o aumento da reciclagem e investimentos em alternativas ecológicas.

Além disso, a problemática se acentua pelo fato de que, embora leves, as garrafas PET constituem uma parcela significativa dos resíduos sólidos, especialmente em embalagens de bebidas, sobrecarregando rapidamente os aterros sanitários. A necessidade de promover a economia circular e inovações em materiais de embalagem torna-se evidente para mitigar esses impactos ambientais.

O presente trabalho surge como uma resposta inovadora a esses desafios, aplicando conceitos de mecânica e elétrica para desenvolver um protótipo que visa não apenas amenizar os danos causados pelo descarte inadequado de garrafas PET, mas também transformá-las em uma matéria-prima valiosa para impressoras 3D. Essa abordagem busca não apenas reduzir o impacto ambiental desses resíduos, mas também promover práticas sustentáveis, utilizando a tecnologia como aliada na criação de novas peças e projetos.

1.2 Materiais utilizados como filamento

Conforme pesquisa realizada pelo grupo, foi constatado que os filamentos mais utilizados são os mencionados em sequência, bem como suas principais características.

- **ABS**

Os filamentos de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) usados para impressão 3D são derivados do petróleo, sendo um dos materiais mais antigos usados nessa indústria. Devido à sua origem, emitem um odor mais forte e é recomendado imprimir em áreas bem ventiladas.

Ao imprimir com filamento ABS, é importante atentar para o fenômeno do empenamento, onde o material encolhe e pode separar camadas. Para prevenir isso, manter a mesa limpa e na temperatura adequada é fundamental. As peças produzidas em ABS apresentam alta resistência, durabilidade e são ideais para construir componentes sujeitos a impactos mecânicos.

Segundo pesquisas realizadas na internet, encontramos sites com dados interessantes para a criação do projeto, como a Wishbox Technologies, que recomenda na utilização do filete ABS utilizem as seguintes configurações:

Temperatura da mesa: Aquecida entre 95°C e 120°C.

Temperatura do extrusor: Aquecido entre 225°C e 240°C.

- **PLA**

O PLA, conhecido como Ácido Polilático, é um material mais ecológico em comparação ao ABS, por ser biodegradável e de fontes vegetais renováveis. Não exige uma mesa aquecida em altas temperaturas para a extrusão, o que reduz a probabilidade de obstrução da extrusora ou deformação, sendo ótimo para peças maiores.

Uma vantagem adicional do PLA é a ausência de cheiro forte ou emissão de gases nocivos. Devido ao tempo prolongado de resfriamento, impressoras otimizadas para esse material usam uma ventoinha direcional para rápida solidificação,

permitindo a impressão da próxima camada. O PLA proporciona cores translúcidas, detalhes precisos, além de acabamentos mais brilhantes e suaves em comparação ao ABS.

Dados fornecidos pela “3d lab”, Reconhecida como a melhor empresa de impressão 3D do Brasil, para a utilização desse material é recomendado o uso das seguintes configurações:

Temperatura da mesa: ambiente até 70°C

Temperatura do extrusor: de 195 a 220°C

- **TPU**

O TPU é um material flexível que se estica e dobra facilmente, tornando-o o material mais fácil de imprimir no quesito de materiais flexíveis.

Este material é usado em aplicações flexíveis ou que exigem substituição de borracha, isto é, porque a borracha tradicional não pode ser impressa. Muitas montagens, alças e almofadas de absorção de vibração personalizadas são impressas em TPU. Na indústria calçadista, é comumente usada como material de amortecimento em calçados, mas também tem aplicações em muitas outras indústrias.

Testes realizados pela “Dddrop Brasil” indicam que para a melhor utilização desse material, o usuário utilize as seguintes configurações:

Temperatura da mesa: aproximadamente 60°C

Temperatura do extrusor: de 230°C a 255°C

1.3 Principais componentes do projeto

Neste segmento, destacam-se os elementos essenciais para o eficiente funcionamento de um protótipo destinado à produção de filamentos por meio da reciclagem de garrafas PET. A peça central desse processo é a extrusora 3D, um componente crucial nas impressoras 3D que desempenha um papel fundamental na manipulação do filamento.

A extrusora 3D, acionada por um motor, é responsável por conduzir o filamento, promovendo sua fusão e depositando-o de maneira controlada na impressora. Esse processo é fundamental para garantir uma extrusão uniforme e consistente do filamento, o que, por sua vez, resulta na fabricação de peças com alta qualidade e precisão.

Os filamentos utilizados na impressão 3D são comumente confeccionados a partir de polímeros termoplásticos e são comercializados enrolados em carretéis. Esses filamentos de plástico constituem a matéria-prima que alimenta a impressora 3D, passando pelo processo de fusão no extrusor e sendo habilmente depositados para dar forma ao objeto final.

Para aprofundar o entendimento sobre a importância da extrusora 3D e seus componentes no contexto da fabricação de filamentos a partir de reciclagem de garrafas PET, é possível consultar trabalhos acadêmicos, como o estudo de Wohlers Associates sobre impressão 3D, bem como pesquisas específicas sobre a reciclagem de plásticos para a produção de filamentos, como discutido por Lee et al.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um protótipo para a produção de um fio ecológico (PET).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Promover a reciclagem de garrafas PET.
- Disponibilizar matéria prima para novos projetos da escola a baixo custo.

2 Metodologia

O projeto realizado "Protótipo para a produção de fio ecológico (PET) para ser utilizado como matéria prima em impressora 3D" foi construído utilizando itens usados, peças produzidas por impressora 3D e também eixos usinados em máquinas convencionais que se encontram na própria escola.

Como suporte para o projeto foi confeccionado uma base com 4 partes de madeira em formato de "L" para apoiá-la com o acoplamento dos itens elétricos na parte de inferior do protótipo com o objetivo de escondê-los e dar um visual mais "limpo". Para a fixação dos itens foram utilizados parafusos chipboard cabeça chata phillips 3.5 X 40, parafuso sextavado NC 5/16 X 7/8 RI, porcas sextavadas NC 5/16 CH 1/2, cola mundial prime madeira para a melhor fixação dos parafusos na madeira.

Para se iniciar o processo de corte nas garrafas PET foi desenvolvida uma base confeccionada por uma impressora 3D. Nessa base foi inserido uma barra roscada com 2 porcas, ao lado da mesma com 2 rolamentos e uma navalha retirada de apontadores escolares.

A barra roscada tem como objetivo auxiliar que a garrafa mantenha o giro mais centralizado e os rolamentos possuem a função de empurrar, através do giro, o filamento para a navalha realizar o corte total da garrafa

Após a realização desse processo, o filete resultante tem uma geometria retangular e com as características, especificadas abaixo, para quando forem processadas garrafas PET de 2 litros:

- espessura: 10 centímetros.
- tamanho total: aproximadamente 8 metros.
- desperdício estimado de material por filete: 30 centímetros.

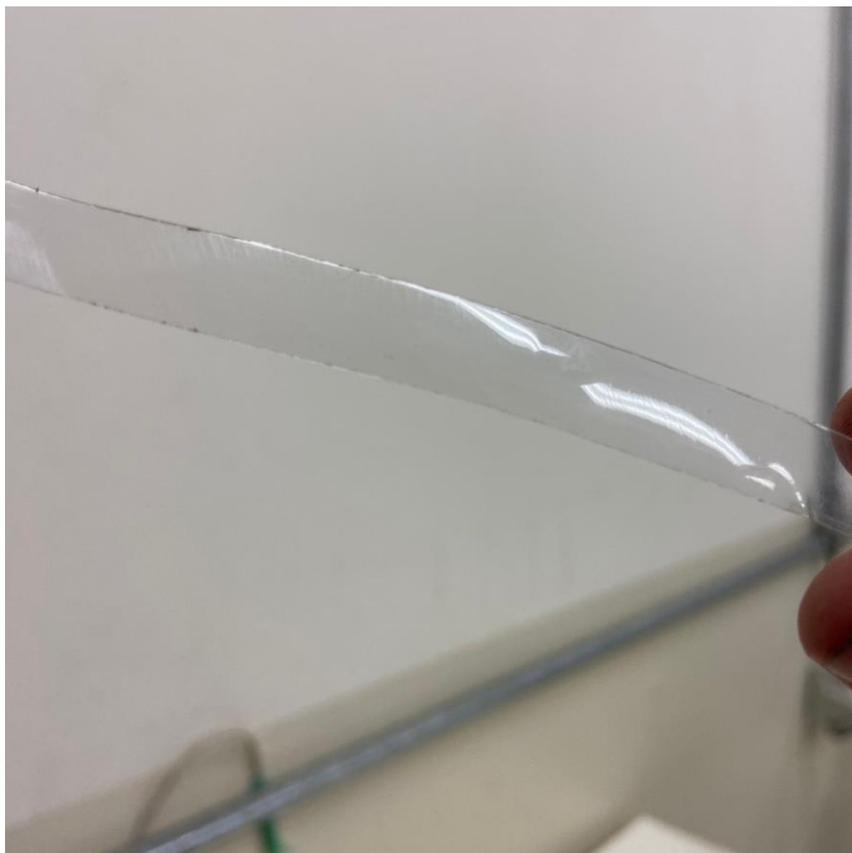


Figura 1: Filete Inicial.

FONTE: Arquivo De TCC.

Na sequência foi realizado é o direcionamento do filete para a extrusora com a finalidade de gerar o aquecimento do próprio para a modelagem de um fio de 1.75mm.

Para esse processo, foi realizado uma pesquisa com profissionais da área e concluído que a melhor escolha foi a aquisição do Conjunto Extrusora Final MK8 com uma Garganta de 30 mm via Mercado livre. Abaixo está apresentado a estrutura do conjunto.

- 1x Bloco 20*20*10mm
- 1x Cartucho Aquecedor 12v 40w
- 1x Termistor 100k
- 1x Garganta Heatbreak 30mm Rosca m6 1.75mm
- 1x bico 0.4

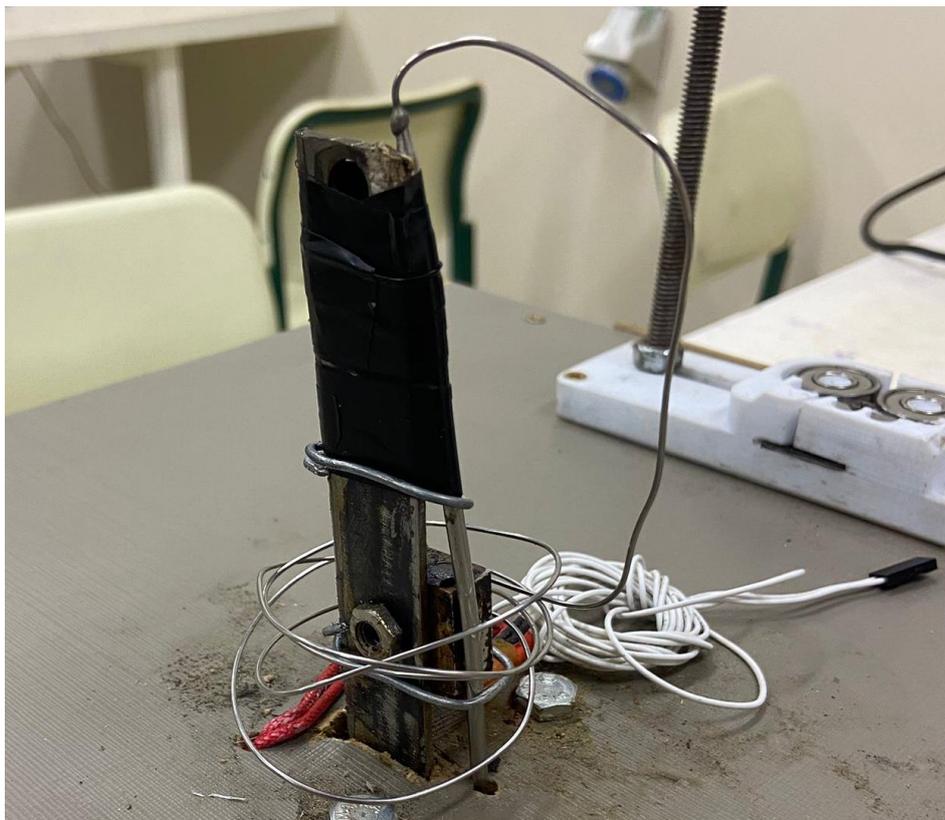


Figura 2: Extrusora fixada a uma base em “L”

FONTE: Arquivo De TCC.

Posteriormente o conjunto foi instalado e realizado alguns ajustes, como a retirada do bico de 0.4mm para que o filete saia diretamente com o formato de 1.75mm de diâmetro.

Após esse processo, com o filamento inicial passado aproximadamente 10 centímetros após a modelagem realizada, a movimentação do carretel traciona o filete fixado no mesmo através de uma engrenagem acoplada para garantir o processo de enrolar o filamento em formato de fio. A força de torque é aplicada por um motor usado na indústria automotiva em portas de carro com a função de movimentar os vidros elétricos.

A parte que engloba a elétrica do projeto é de suma importância para a movimentação das engrenagens e também para a extrusora que possui a função de aquecimento dos filetes na modelagem. Foi utilizado um potenciômetro para a distribuição ideal para o motor e uma fonte de computador com a capacidade de 12V.



Figura 3: Motor Elétrico

FONTE: Arquivo De TCC.

O eixo utilizado no motor do foi obtido com o processo de torneamento pelos integrantes do grupo com a utilização do torno manual da escola Etec Sylvio de Mattos Carvalho.

As engrenagens utilizadas no projeto foram todas retiradas do conjunto de velocidades usadas em bicicletas. As menores engrenagem são utilizadas no câmbio traseiro responsáveis pela troca de marchas, as maiores são coroas do conjunto de engrenagem da marca Caloi. Com a menor engrenagem fixada no eixo do motor, a rotação transferida para a maior engrenagem promovendo uma redução de velocidade transferida para um segundo eixo que possui outra engrenagem pequena no intuito de reduzir mais velocidade final do sistema.



Figura 4: conjunto de engrenagens.

FONTE: Arquivo De TCC.

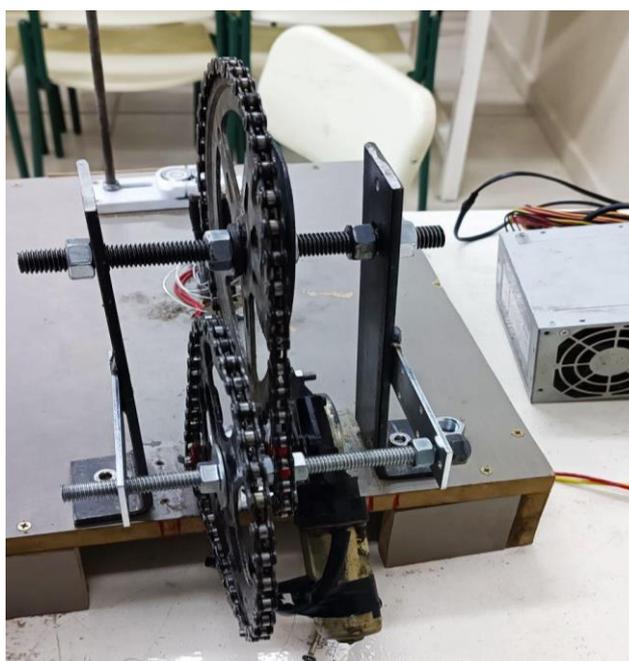


Figura 5: conjunto de engrenagens.

FONTE: Arquivo De TCC.

As medidas utilizadas possuem tolerâncias milimétricas aferidas com paquímetro. Para a realização dos furos e cortes do protótipo foram utilizadas ferramentas como furadeira radial de bancada, serra de arco manual e serra fita de bancada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido foi a criação de um Protótipo para a produção de fio ecológico (PET) para ser utilizado como matéria prima em impressora 3D, que por sua vez é uma estratégia de reutilização da garrafa pet. A criação do projeto foi em dedicatória usuários de impressora 3D que visam inovar na matéria prima trabalhada com a finalidade de reciclar a garrafa, no processo de fornecer cartuchos com a qualidade de um filamento novo, isto é, tudo objetivado em automatizar processos manuais

No desenvolvimento do projeto, a equipe identificou algumas adversidades em relação a organização e a divisão de afazeres no grupo. Os integrantes do grupo tiveram uma análise mais crítica ao projeto e souberam desenvolver e colocar em prática suas ideias, ajudando na criação do protótipo em conjunto.

Em análise ao projeto realizado, conclui-se que é uma ferramenta de grande valor para os futuros usuários, e que seu desenvolvimento por parte dos alunos integrados ao grupo foi atingido de modo satisfatório. A iniciativa de proporcionar filetes feitos com garrafa pet foi atingida com sucesso. Além do mais, foi de grande aprendizado o desenvolvimento do projeto, pois foi utilizado ferramentas já conhecidas, porém, de uma forma mais aprimorada.

Durante o processo de criação do protótipo encontramos algumas dificuldades em escolher qual a engrenagem ideal para a redução de velocidade, todavia, testamos uma engrenagem utilizada na relação de marchas em bicicletas, contraditório ao estimado, a engrenagem não apresentou a velocidade esperada e foi preciso a troca para uma engrenagem maior, utilizada no conjunto de velocidade de bicicletas de marca Caloi (coroa de Barra forte), apresentando resultados mais satisfatórios ao teste anterior.

REFERÊNCIAS

ROXO, Elisângela. **Sem reciclagem, Brasil descarta 4,7 bi de garrafas PET na natureza:** Do total produzido, 53% não é reaproveitado; uso da embalagem por indústrias de cerveja preocupa ambientalistas. Estado de São Paulo, 2007. Disponível em: [WISHBOX, Redação. **Filamentos para impressão 3D:** o que você precisa saber. WishBox technologies, 2016. Disponível em: <\[FILIPE, B. A. C. **Qual a influência da temperatura na impressão 3D?.** 3D LAB Soluções em impressão 3D, 2019. Disponível em: <\\[AUTOR DESCONHECIDO. **Filamentos compostos DDDROP Brasil,** 2020. Disponível em: <\\\[Toginho Filho, D. O., Zapparoli, F. V. D., Pantoja, J. C. S. **Uso do Paquímetro.** Departamento de Física Universidade Estadual de Londrina, Junho de 2010. Disponível em: <\\\]\\\(https://dddrop.com.br/filamentos-compostos/tpu/> . Acesso em 29 Set. 2023</p>
</div>
<div data-bbox=\\\)\\]\\(https://3dlab.com.br/temperatura-na-impressao-3d/#> acesso em 29 Set. 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=\\)\]\(https://www.wishbox.net.br/blog/filamentos-para-impressao-d/#:~:text=Os%20filamentos%20para%20impress%C3%A3o%203D%20s%C3%A3o%20compostos%20de%20pol%C3%ADmeros%20termopl%C3%A1sticos,em%20um%20carretel%20para%20venda> . Acesso em 22 Set. 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=\)](https://www.estadao.com.br/emails/sem-reciclagem-brasil-descarta-4-7-bi-de-garrafas-pet-na-natureza/#:~:text=Utilizadas%20principalmente%20por%20ind%C3%BAstrias%20de,quais%2053%25%20n%C3%A3o%20s%C3%A3o%20reaproveitadas.> . Acesso em: 24 Mar. 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Wohlers Associates. (2022). "Wohlers Report 2022 - 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry.

Lee, J., Matsunaga, N., & Kim, Y. H. (2017). "Recycling waste PET into high-performance carbon electrodes for lithium-ion batteries." Scientific Reports, 7, 41260. doi:10.1038/srep41260.