

## DESENVOLVIMENTO DE CABEÇOTE DE IMPRESSÃO 3D COM ALIMENTAÇÃO POR TARUGO POLIMÉRICO

### DEVELOPMENT OF 3D PRINTER HEAD WITH FEED BY POLYMER BILLET

**Marcel Eiji Higashiyama**  
[marcel\\_eiji@hotmail.com](mailto:marcel_eiji@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Neri Volpato**  
[nvolpato@utfpr.edu.br](mailto:nvolpato@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

#### RESUMO

O objetivo do projeto foi desenvolver um cabeçote de impressora 3D para testar a alimentação por tarugo (ou bastão) de polímero e também montar toda a estrutura de uma impressora de maiores dimensões. Existem muitos tipos de polímeros em forma de grânulos que são mais acessíveis e baratos do que se utilizar filamentos bobinados, que é a forma de alimentação mais comum em impressoras 3D por extrusão de material. Tarugo e também grânulos de polipropileno foram usados para os testes de extrusão no cabeçote baseado em pistão e camisa (seringa). Os resultados mostraram algumas vantagens de usar tarugos ao invés de grânulos. Apesar disso, observa-se que é necessário inserir um pré-processamento para transformar o polímero granulado em tarugo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impressora 3D. Extrusão de Material. Granulado. Polímero. Tarugo.

#### ABSTRACT

The goal of the project was to develop a 3D printer head to be fed by polymer billet (or stick) and assemble all the structure of a large printer. There are several types of polymers in the granulated form, which are more accessible and cheaper than filaments, which is the most common way to feed a 3D printer base on the material extrusion principle. Billet and granules of polypropylene polymers were used to test the extrusion head based on piston and barrel (syringe). The results showed some pros and cons to use billets when compare to granules. The use of billet was more appropriate, however it is necessary to include an additional pre-processing to transform granulated polymer into billet.

**KEYWORDS:** 3D Printer. Granulate. Polymer. Billet. Extrusion.

**Recebido:** 30 ago. 2018.

**Aprovado:** 14 set. 2018.

#### Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



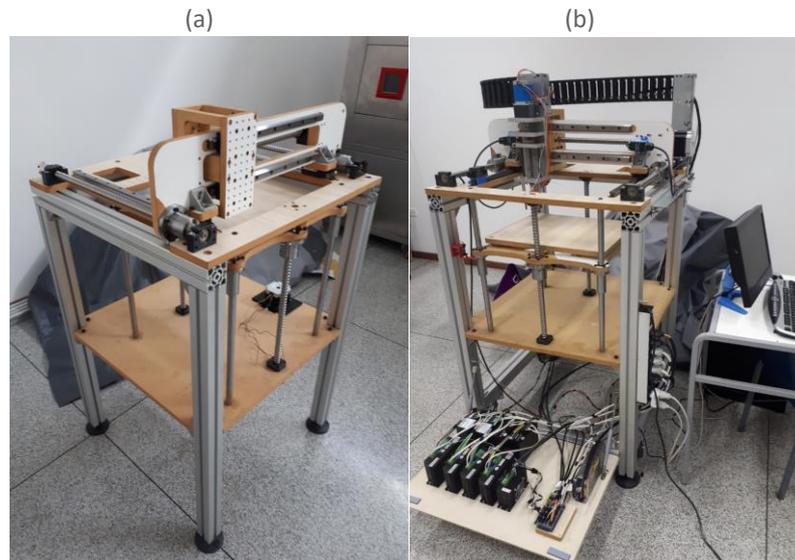
## INTRODUÇÃO

As impressoras 3D vêm se inserindo cada vez mais no presente da população. No entanto, a variedade dos polímeros disponíveis para impressão é limitada e, além disso, o custo destes materiais na forma de filamento contínuo bobinado, é muito maior que o mesmo material na forma de granulado (original). Visto isso, esse projeto visa desenvolver uma impressora 3D de dimensões maiores que as comumente encontradas e que disponha de um cabeçote para estudo e testes de formas e opções de alimentação de material.

A primeira opção, em função do custo, foi desenvolver um cabeçote para utilizar os polímeros granulados. No entanto, o mesmo cabeçote teria que processar os granulados transformado em tarugos, obtidos através de um processo prévio de injeção. A opção de usar tarugos foi desenvolvida em função de problemas na consistência da extrusão utilizando granulado no trabalho de Kretschek (2012). O autor observou que o diâmetro do filamento extrudado variou de acordo com o nível (quantidade) do material granulado no interior da camisa de extrusão, ou seja, era variável com o tempo.

Para este projeto, o Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental (NUFER) disponibilizou uma estrutura de uma impressora 3D que estava sendo desenvolvida anteriormente, conforme a Figura 1(a). Ela estava sem motores, drivers, fontes e com a falta de muitos componentes. Foi então necessário finalizar o projeto e completar a construção do equipamento do NUFER. Para isso, o projeto no SolidWorks (2018) foi complementado com um suporte para motores nema 34, cabos, sensores fim de curso e porta cabos, e também rodízios, perfis de alumínio, porta, drivers e fontes. Para controlar a máquina foi utilizado o controlador Arduino (2018) ATmega 2560 e firmware Marlin (2018), os mesmos usados em impressoras 3D RepRap (2018). No entanto, foi necessário modificar as suas configurações. Como os motores da máquina são maiores que os usados nos modelos RepRap (2018), foi necessário comprar drivers e fontes compatíveis. Para controlar a movimentação e impressão foi utilizado o Software Repetier (2018). O resultado da construção da máquina pode ser visto conforme a Figura 1(b). Após esta fase cumprida, partiu-se para os testes requeridos.

Figuras 1 – Máquina de Manufatura Aditiva do NUFER desenvolvida para os testes de extrusão por pistão de polímero em forma de tarugo: (a) antes e (b) depois de montada.



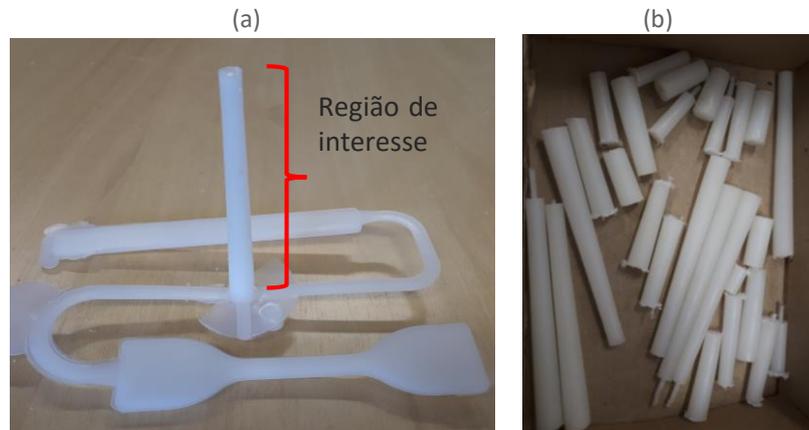
Fonte: autoria própria (2017 (a), 2018 (b))

## MÉTODOS

O trabalho iniciou com o estudo de um projeto anterior de cabeçote de extrusão por êmbolo para polipropileno granulado (Kretschek, 2012), bem como das máquinas de impressão 3D existentes no laboratório do NUFER.

Duas concepções de cabeçotes foram consideradas inicialmente, por êmbolo (tipo seringa) e por rosca de extrusão (essas concepções são discutidas em VOLPATO, 2017). No segundo caso, seria necessário desenvolver uma rosca com abertura de canal variado, o que o tornaria caro e complexo (MANRICH, 2015). Como já havia o histórico de utilização no trabalho de Kretschek (2012), optou-se por usar como base o seu projeto de cabeçote por êmbolo. Neste sentido, foi montado um novo corpo cilíndrico de alumínio com um bico extrusor intercambiável e novo sistema de aquecimento. Após montado na Máquina de Manufatura Aditiva foram testadas duas formas a extrusão do polipropileno (PP) CP204, uma na forma de granulado e outra na forma de tarugo (cilindro maciço injetado). Como tarugo de PP para este trabalho foi utilizado o canal de alimentação de uma outra injeção já realizada para fabricação de corpos de prova conforme a Figura 2(a), e então cortado em segmentos de tamanho adequado conforme a Figura 2(b).

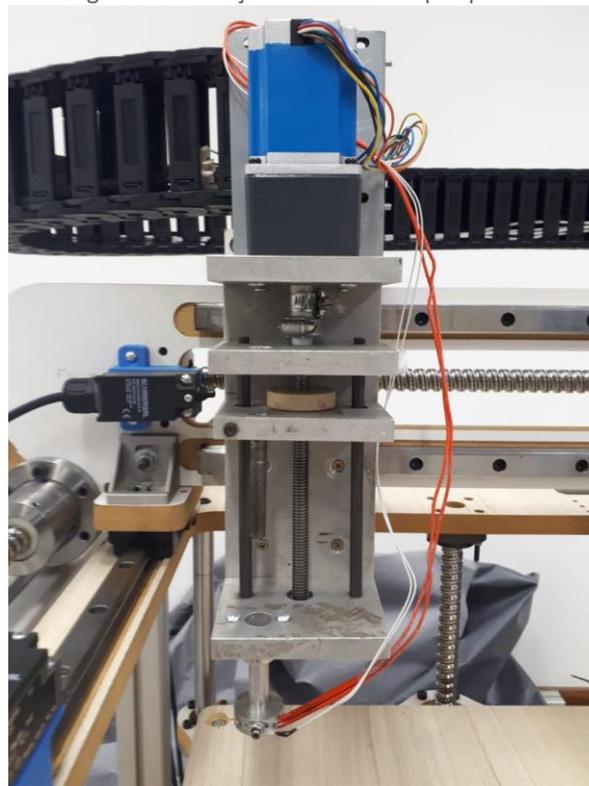
Figuras 2 – Corpos de prova injetados ainda com canal de alimentação de interesse (a) e tarugos cortados a partir desta região (b).



Fonte: autoria própria (2018)

A Figura 3 mostra o novo cabeçote extrusor por êmbolo montado na estrutura projetada no trabalho de Kretschek (2012), contendo um motor nema 23 com redutor para se atingir os deslocamentos lineares do êmbolo a uma velocidade baixa e adequada à extrusão.

Figura 3 – Cabeçote de extrusão por pistão.



Fonte: autoria própria (2018)

A geometria inicial escolhida para o teste foi extrudar filamentos contínuos paralelo de 150mm de comprimento por 5mm de espaçamento. Na sequência, algumas camadas de uma peça 3D qualquer de 100x100x2mm foram depositadas. Os parâmetros de extrusão foram configurados inicialmente conforme testes visuais sendo fixados em 200°C para o aquecimento do bico extrusor, altura da

primeira camada de 0,5mm e 0,3mm para as demais e velocidade de impressão de 30 mm/s.

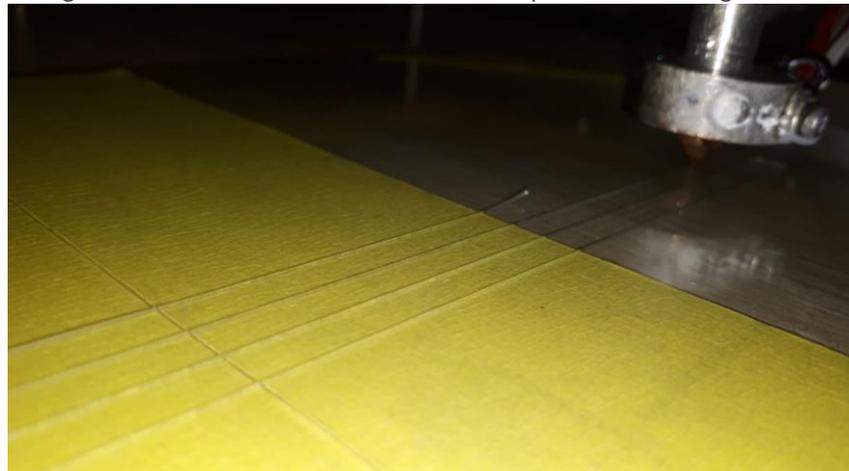
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Logo nos primeiros testes percebeu-se que o bico extrusor estava necessitando de um longo tempo para aquecer e chegar à temperatura desejada. Em função das alterações realizadas no mesmo, o sistema de aquecimento estava perdendo muito calor por condução para as partes metálicas do cabeçote. Foi necessário então isolar termicamente a camisa de todos os outros componentes. Para isso, foi colocado uma folha de cortiça entre a camisa e o suporte do cabeçote.

O teste com o PP granulado resultou em uma impressão descontínua, ou seja, teve-se um filamento extrudado não contínuo. Observou-se também uma dificuldade para recuar o pistão ao final de uma carga de granulado, visto que o pistão chegava a ficar próximo a 200°C, devido à condução de calor. Assim, na hora da retração do êmbolo, o polímero grudava ao pistão quando este estava próximo ao colchão de PP fundido e criava uma bolha de ar dentro da camisa. Com isso, as próximas extrusões eram afetadas gerando descontinuidade no filamento obtido.

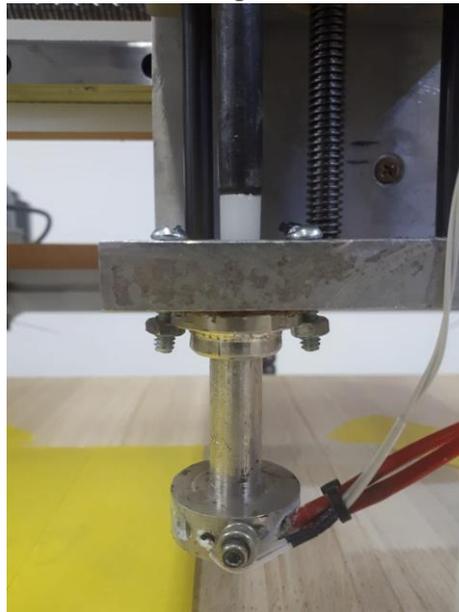
No teste com tarugo de PP, a impressão foi contínua obtendo-se um filamento extrudado íntegro, conforme a Figura 4. Neste caso, não se verificou a mesma dificuldade do teste com o granulado, pois pode-se colocar o cilindro inicialmente para fora da camisa conforme a Figura 5, reduzindo a transferência do calor para o pistão. Desta forma, não se observou criação da bolha interna por causa da retração.

Figura 4 – Filamento contínuo do teste de impressão com tarugo de PP.



Fonte: autoria própria (2018)

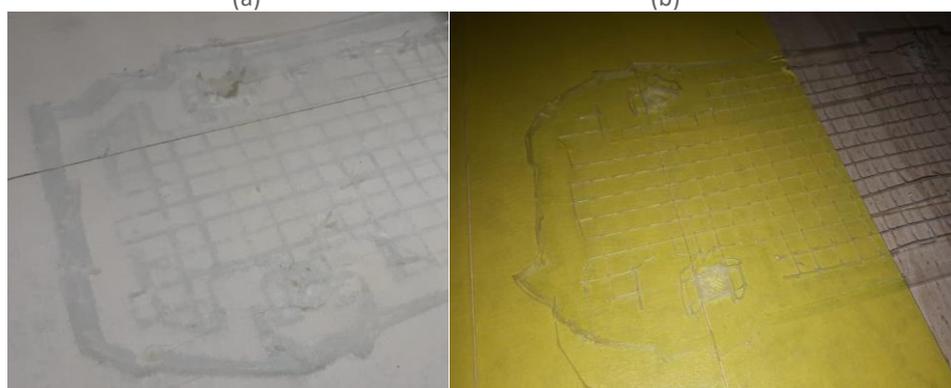
Figura 5 – Polímero de tarugo fora da camisa do pistão.



Fonte: autoria própria (2018)

A Figura 6 apresenta imagens comparativas das impressões com PP granulado (a) e com tarugos de PP (b), onde, apesar do pouco contraste na imagem, é possível notar uma diferença de continuidade do filamento no caso (a). Mais testes serão necessários para acertar uma janela de processamento mais adequada (buscando definir parâmetros como temperatura e velocidades de extrusão) para cada opção. Só assim, será possível obter um resultado mais conclusivo.

Figuras 6 – Teste com polímero granulado (a) e com polímero em tarugo (b).



Fonte: autoria própria (2018)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do teste de impressão com tarugos de polipropileno terem dado um melhor resultado em comparação aos granulados, os tarugos precisam ser processados através de uma injetora e um molde de injeção específico. Assim, necessita-se de um processamento a mais do que com o uso de granulados. Isto pode reduzir a vantagem de se utilizar tarugos. No entanto, utilizando tarugos o processo tende a ser mais controlável e ainda se continua com a disponibilidade

de uma maior variedade de polímeros, em comparação aos filamentos das tecnologias de impressão 3D tradicionais. Abre-se também a opção de reaproveitar e reciclar restos de polímeros de outras impressões. Adicionalmente, como foi o caso deste estudo específico, pode-se recorrer a utilização de partes do canal de injeção de peças injetadas, que normalmente são moídos para reciclagem. Como trabalho futuro será necessário buscar janelas de processamento para cada polímero escolhido, acertando os parâmetros para uma análise mais detalhada dos resultados.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço fielmente ao professor Neri Volpato pela oportunidade e apoio dado durante todo processo. Agradeço a Fundação Araucária. E também ao professor José A. Foggiatto por atuar como meu segundo orientador informal.

### REFERÊNCIAS

VOLPATO, N. Processos de AM por extrusão de material. In: VOLPATO, N. (Editor). **Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017. p. 145-175.

KRETSCHKEK, D. Desenvolvimento de um Cabeçote de Extrusão por Êmbolo para Polipropileno Granulado Visando a Manufatura Aditiva, 2012. Dissertação de mestrado do PPGEM. UTFPR, Curitiba.

MANRICH, S. Processamento de Termoplásticos. São Paulo: Editora Artliber, 2005.

REPRAP. Disponível em: <http://reprap.org/wiki/RepRap/pt>. Acesso em: 30 ago. 2018.

REPETIER. Disponível em: <https://www.repetier.com/>. Acesso em: 30 ago. 2018.

MARLIN. Disponível em: <http://marlinfw.org/>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ARDUINO. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SOLIDWORKS. Disponível em: <https://www.solidworks.com/>. Acesso em: 30 ago. 2018.