

PROJETO DE PRODUTO PARA MANUFATURA ADITIVA POR EXTRUSÃO DE MATERIAL UTILIZANDO UMA IMPRESSORA 3D DE BAIXO CUSTO

Luísa de Souza Dieter

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.

luisadieter@gmail.com

Sérgio Fernando Lajarin

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.

espanhol@gmail.com

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.

lucia.demec@ufpr.br

José Aguiomar Foggiatto,

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 CEP 81280-340, Curitiba/PR.

foggiatto@utfpr.edu.br

Resumo: A manufatura aditiva é um processo de fabricação inovador que vem se popularizando. Existem diversas tecnologias de AM, mas a tecnologia de extrusão de material em forma de filamento é a mais barata e a que tem ganhado mais espaço. Entretanto, o conhecimento para utilização de impressoras 3D ainda é limitado e precisa ser melhor estudado. Para proporcionar o melhor aproveitamento dessa tecnologia, é necessário educar os profissionais a projetarem seus produtos pensando nas limitações do processo, dos materiais e das impressoras 3D existentes. Esse trabalho tem como objetivo apresentar os conceitos de Projeto para Manufatura Aditiva e propor um método de fluxo de projeto de produto para fabricação em máquinas de manufatura aditiva por extrusão de material. Esse método é empregado em um estudo de caso de aplicação em que uma capa de celular personalizada, rígida e bipartida, projetada para fabricação em uma impressora 3D de baixo custo. São abordadas diretrizes de projeto para definições de geometria, análise de parâmetros de processo e a inter-relação entre esses parâmetros. Por fim, é analisado o produto impresso quanto ao atendimento aos requisitos estabelecidos de qualidade superficial, gasto mínimo de material e encaixe adequado no celular. Os fatores abordados no estudo foram representativos para o fluxograma proposto, validando o método.

Palavras chave: Manufatura aditiva. Impressora 3D. Projeto para Manufatura Aditiva. Projeto de produto. Capa de celular.

1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (AM, do inglês *Additive Manufacturing*) tem tido um crescimento exponencial nos últimos anos (THOMPSON, et al., 2016). O processo de fabricação por camadas possui vários princípios de adição de material e várias tecnologias diferentes. A norma ISO/ASTM 52900:2015 divide a AM em sete grupos, baseado no princípio de adição de camada, são eles: Fotopolimerização em cuba, Extrusão de material, Jateamento de material, Jateamento de aglutinante, Fusão de leito de pó, Deposição por energia direcionada e Adição de lâminas.

O princípio de adição por extrusão de material tem se tornado cada dia mais acessível e é responsável para que a AM chegue às mãos do grande público (SANTANA et al., 2016). Seu princípio de funcionamento baseia-se na extrusão, geralmente de um filamento plástico de diâmetro reduzido, e deposição do mesmo sobre uma plataforma de construção, através do aquecimento desse filamento dentro do cabeçote até sua temperatura de fusão. Esse material é então depositado na plataforma em estado pastoso, onde adere a ela e se solidifica (VOLPATO, 2017). Apesar da grande promessa de revolução, pouco ainda se sabe sobre como projetar produtos para serem fabricados especificamente nessas impressoras 3D, aproveitando suas vantagens e contornando suas limitações.

Para realizar essa análise, tomou-se como premissa o DFMA (do inglês, *Design for Manufacture and Assembly*), uma abordagem de projeto que visa facilitar a fabricação e montagem de um produto já na sua fase de concepção (BOOTHROYD; DEWHURST; KNIGHT, 2011). Os princípios do DFMA relacionam a fabricação e o design de um produto fazendo com que ambos sejam desenvolvidos paralelamente, chegando em um melhor custo-benefício. Por se tratar de um processo de fabricação único e muito distinto dos demais, a análise para a manufatura aditiva é um pouco

diferenciada: desenvolvimento de ferramental, disponibilidade de forma física de matéria-prima e até as restrições da modelagem CAD-3D tradicional deixam de ser preocupações.

Diante dessa demanda, surgiu o DFAM (do inglês, *Design for Additive Manufacturing*), a metodologia que permite a otimização do design de produto pensando nas tecnologias AM. Hietikko (2014) utilizou DFMA para projetar peças com geometrias e formas não tradicionais (planas, cilíndricas, retas e circulares) de forma a otimizar seu funcionamento e reduzir volume de material. Durakovic (2018) afirma que o grande desafio na AM é a compreensão e a aplicação de métodos de DFAM, e para isso, barreiras cognitivas e experiências com técnicas tradicionais de fabricação precisam ser superadas.

No DFAM, é necessário entender quais as potencialidades únicas da manufatura aditiva e como contornar suas limitações. Para isso, o planejamento deve estar diretamente ligado a tecnologia de AM utilizada. No caso do princípio de extrusão de material, as limitações apresentadas e fatores de influência específicos, podem ser divididos da seguinte forma:

- Limitações da máquina: volume de impressão, gama de materiais que podem ser usados, quantidade de bicos extrusores, calibração e resolução da impressora;
- Limitações de material: propriedades mecânicas dos materiais que podem ser aplicados;
- Limitações de software: programas de modelagem CAD-3D e fatiadores gratuitos e pagos;
- Limitações de processo: espessura de paredes, geometrias que necessitam de suportes, tolerâncias geométricas;
- Parâmetros de impressão: altura de camada, temperatura de impressão, velocidade, entre outros.

Diante disso, esse trabalho propõe um método para projeto de produto para manufatura aditiva por extrusão de material, visando considerar as limitações existentes antes de iniciar o projeto e a modelagem do produto. Esse método tem como objetivo diminuir as chances de insucesso na fabricação de uma peça por impressão 3D.

2. MÉTODO E CASO DE ESTUDO

Com o objetivo de empregar conceitos de Projeto para Manufatura Aditiva (DFAM) na manufatura de peças por extrusão de material foi proposto um caso de aplicação onde as etapas podem ser vistas no fluxograma da Fig. 1. A peça escolhida para a fabricação é uma capa de celular para o modelo Moto X Style. Trata-se de um produto customizado para um modelo de aparelho já fora de linha, tornando difícil encontrar itens comerciais. Uma capa de celular é um objeto de interesse comum do grande público, e a utilização da impressão 3D nesse segmento de mercado possibilita um alto nível de personalização do design e replicação, em diferentes cores e com diferentes detalhes.

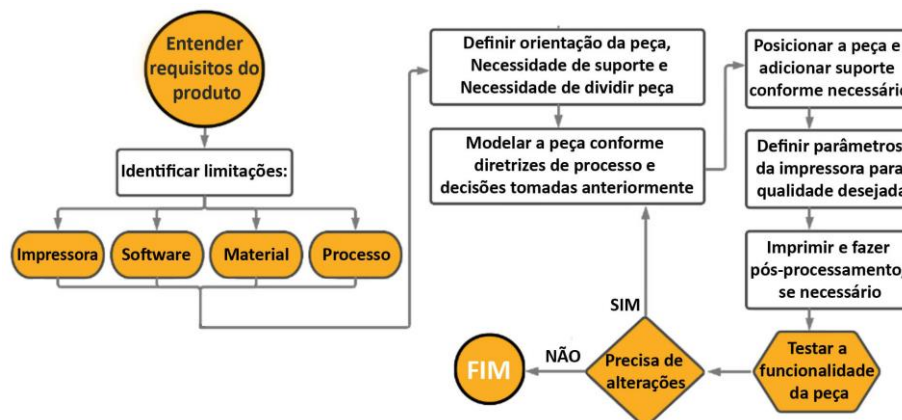


Figura 1. Fluxograma de DFAM para AM por extrusão de material (Autor)

A metodologia proposta começa com a definição dos requisitos geométricos, funcionais e de acabamento, que são indispensáveis para que o produto cumpra a sua função e segue para a análise de limitações das ferramentas disponíveis para a fabricação deste produto. Após o entendimento das restrições da impressora, software, material e processo, foi definida a orientação do objeto, análise do seu tamanho (se é preciso dividir a peça em duas ou mais partes) e a necessidade ou não de utilizar suportes em algumas regiões.

O modelo geométrico 3D foi importado em um programa comercial para seu fatiamento, geração de suportes e definição de parâmetros de processo de acordo com os requisitos de qualidade. Por fim, o objeto foi fabricado, sem necessidade de pós-processamento e foi testado/avaliado de acordo com sua função pré-determinada. A partir dessa avaliação, foi possível definir se o produto atendeu ou se alterações devem ser feitas para a fabricação de um segundo protótipo. Na sequência, são descritas cada etapa da metodologia utilizada.

2.1. Definição dos requisitos do produto

Foram definidos como requisitos de produto: acabamento superficial aceitável, adequado encaixe no celular e gasto mínimo de material.

2.2. Identificação das limitações

Foi utilizada uma impressora 3D por extrusão de material de código aberto da Printbot Play®. A área de impressão é de 100x100 mm com altura de 130 mm e as dimensões da capa de celular são 153,9 x76,2 mm e 11,1 mm de altura, ou seja, o produto tem uma medida maior que as dimensões da mesa. Em decorrência disso, foi necessário dividir o produto em duas partes. A união das duas partes pode ser realizada de várias maneiras. Uma delas, muito utilizada é por meio de colagem, mas nesse projeto foi projetado um encaixe.

A impressora possui apenas um bico extrusor o que impede a utilização de um material diferente para estruturas de suporte na fabricação da peça. A impressora não possui mesa aquecida, devido a isso, foi usado em toda a impressão, o material PLA (Ácido Polilácteo) na cor laranja, marca Hatchbox® com 1,75 mm de diâmetro.

Inicialmente pretendia-se obter a geometria CAD da capa de celular por meio do escaneamento 3D do próprio celular e posterior modelagem em programa CAD 3D. Entretanto, as ferramentas de escaneamento disponíveis gratuitamente não se mostraram eficientes. Assim, em vez de gerar a malha 3D do celular, optou-se por utilizar um modelo 3D, gratuito, que pudesse ser alterado para as dimensões desejadas.

2.3. Definição da orientação, suporte e outras necessidades

Uma capa de celular possui algumas características intrínsecas que devem ser analisadas do ponto de vista de processo antes de ser projetada. Uma delas é o fato de se tratar de uma superfície muito fina, que podemos denominá-la de casca. Peças em casca exigem uma espessura de parede definida e, em geral, necessitam de muitas estruturas de suporte quando são muito complexas ou posicionadas em orientações desfavoráveis. Na Figura 2 pode ser visto que a geometria da capa tem uma curvatura na parte traseira do celular que limita o posicionamento dessa face em contato com a mesa, o que resultaria na necessidade de utilizar-se suportes.

O estudo de posicionamento da peça na plataforma de impressão permitiu a definição de alguns parâmetros de projeto e processo. Neste caso, o produto foi dividido conforme pode ser visto na Fig. 2(d) resultado em partes com dimensões menores que 100 mm. As possibilidades de posicionamento dessas partes são mostradas nas Fig. 2(a) e (b) e (c).

Para este caso, existem três maneiras intuitivas de se orientar o produto na mesa de impressão e serão chamadas, respectivamente de: (a) horizontal com face externa para baixo, (b) horizontal com face externa para cima e (c) vertical. As três posições ilustradas apresentam características específicas que influenciam diretamente na qualidade superficial da peça, na quantidade de material de suporte e no tempo de impressão. As posições (a) e (b) ilustram orientações que podem parecer mais intuitivas em decorrência de uma maior estabilidade da peça na plataforma pela sua maior área de contato. A posição (c) faria com que a peça fosse composta por várias camadas de pequena área ao invés de poucas camadas com uma grande área. Isso resultaria em um objeto frágil tanto para tração quanto para flexão no sentido da sua altura por conta da adesão entre camadas. Entretanto, orientar esta peça na horizontal resulta na adição de muitos suportes. Assim, apesar de apresentar menor resistência mecânica que as demais orientações, a posição (c) na vertical foi escolhida para este estudo por necessitar de menos suporte e atender aos requisitos de produto mencionados acima.

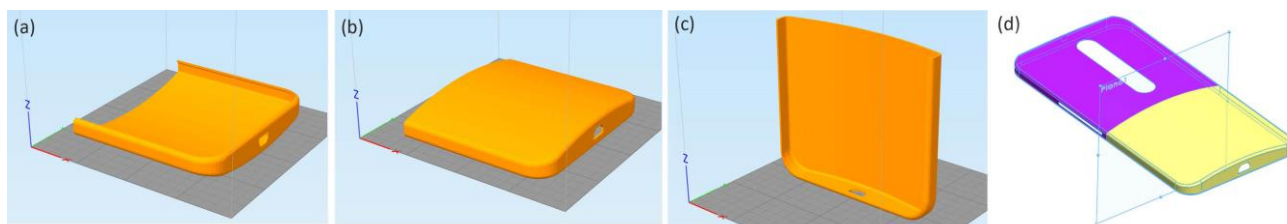


Figura 2. Divisão do produto e estudo de posicionamento sobre a mesa de impressão (Autor)

2.4. Modelagem da peça

Foi utilizado como base um modelo 3D do celular disponível na internet. Esse modelo no formato STL passou por modificações em um programa CAD 3D. Inicialmente foi modelada uma superfície paralela ao modelo, com *offset* de 0,7 mm que foi usada como base. O valor desse *offset* precisa, necessariamente, compensar a diminuição inerente de cavidades internas, e a tolerância de encaixe entre a capa e o celular. Foram feitos pequenos recortes na superfície aumentando as cavidades para fone de ouvido, entrada do carregador e dos botões de liga/desliga e volume. Posteriormente, a superfície foi espessada para fora em 1,6 mm. Essa espessura foi impressa por meio de um bico extrusor com diâmetro de saída de 0,4 mm e duas camadas de parede. Devido ao posicionamento da peça na vertical, a maior parte dessa espessura foi impressa sólida pois foi formada por quatro camadas de 0,4 mm.

Com o objetivo de reduzir o volume de material e aumentar um pouco a flexibilidade da peça (já que o PLA tem essa limitação), foram feitos recortes no modelo para gerar uma capa vazada. Figura 3(a) ilustra algumas opções de padrões geométricos possíveis de serem usados nos recortes vazados. Alguns são desfavoráveis devido a orientação do produto na

vertical e por isso o padrão hexagonal foi o escolhido. A etapa final da modelagem foi a divisão da capa em duas partes e a adição das abas de encaixe. Foi inicialmente projetado um encaixe de abas sobrepostas, ver Fig. 3(b).

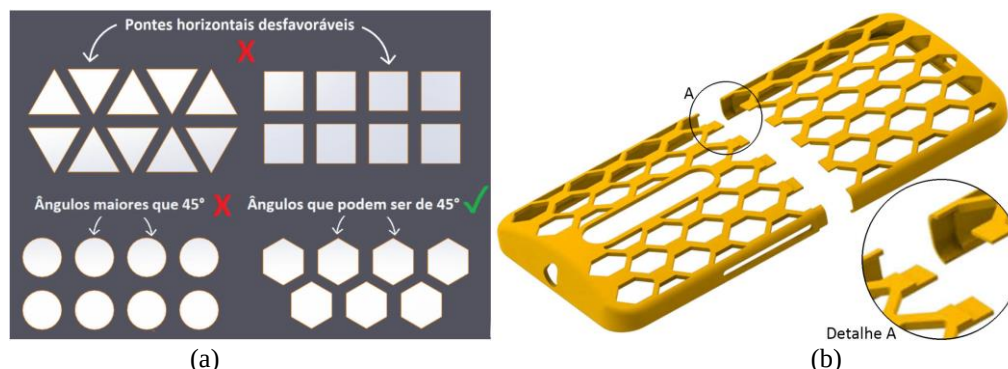


Figura 3. Em (a) formatos para vazados da capa e em (b) encaixe das partes (Autor)

2.5. Definição de parâmetros de impressão

O modelo CAD 3D foi transformado no formato STL e exportado no programa CAM. Os parâmetros de processo definidos são listados na Tab. 1. O tempo de impressão estimado pelo programa foi de 2 horas e 13 minutos e um consumo de 12,13 gramas de material, sendo que 9,58 gramas são efetivamente utilizados para fabricar a peça e apenas 2,55 gramas são para material de suporte (desperdiçados).

Tabela 1. Parâmetros de processo utilizados na impressão da peça

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Altura da camada	0,2 mm	Propriedade de raft*	
Temperatura de impressão	200°C	Número de camadas	1
Velocidade de extrusão	60 mm/s	Offset da peça	2
Velocidade de extrusão dos contornos	30 mm/s	Distância de separação	0,25 mm
Velocidade de extrusão do preenchimento	48 mm/s	% de preenchimento	85%
Número de colunas sólidas na parede	2		
Número de camadas solidas no piso	3	Propriedade do suporte	
Número de camadas solidas no teto	3	% de preenchimento	30%
% de preenchimento	20%	Camadas de suporte densa (contato com peça)	1
Utilização de ventilador	Sim	% de preenchimento das camadas densas	70%
Altura da primeira camada	120%	Fazer suporte a cada	1 camada
Largura da primeira camada	110%	Offset horizontal em relação a peça	0,3 mm
Velocidade da primeira camada	70%	Resolução do pilar do suporte	4 mm
Temperatura da primeira camada	205°C		
Direção de impressão de contornos	Dentro para fora		
Padrão de preenchimento	Retilíneo		
Distância de retração	1 mm		
Velocidade de retração	30 mm/s		
Diâmetro do filamento	1,75 mm		

* Raft: é uma camada de borda adicional que ajuda a fixar a peça à mesa de impressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira peça manufaturada não atendeu totalmente os requisitos estabelecidos e o projeto precisou passar por alterações. Foram propostas algumas alterações no projeto para atender os requisitos de qualidade, sendo estas:

- As dimensões das cavidades dos botões de liga/desliga e volume precisaram ser aumentadas pois a espessura da capa não permitiu o acesso do usuário aos mesmos;
- A folga entre a capa e o celular precisou ser reduzida em 0,2 mm.
- As abas de encaixe não ficaram firmes o suficiente e se deformaram comprometendo o visual da peça, Fig. 4(a).

3.1. Avaliação final do produto modificado

Após a avaliação dos pontos de melhoria, as mudanças foram implementadas em uma segunda versão. Na peça superior, foi desenhado um encaixe com fenda e folga de 0,2 mm onde a aba da peça inferior se encaixa, ver Fig. 4(b).

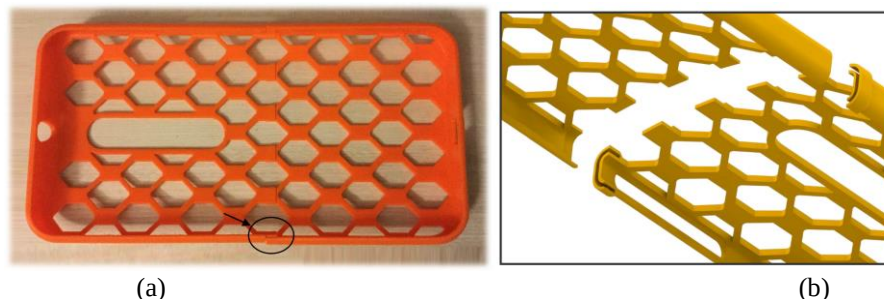


Figura 4. Capa bi-partida: (a) primeira versão impressa; (b) novo formato de encaixe (Autor)

3.1.1. Análise dos requisitos atendidos

Dos três requisitos propostos para o produto, o bom acabamento superficial e o gasto mínimo de material foram atendidos de forma satisfatória. O bom acabamento superficial foi resultado de uma combinação de fatores, tais como:

- A orientação na plataforma na posição vertical tem a vantagem de obter ambas superfícies, interna e externa com um bom acabamento superficial e sem contato com estruturas de suporte;
- A altura de camada com 0,2 mm resultou em um efeito degrau de escada pouco perceptível, gerando uma superfície suficientemente lisa para que o aparelho seja manuseado com conforto tátil;
- A velocidade de impressão de contornos nas paredes finas foi suficientemente baixa para permitir que as paredes fossem fabricadas corretamente;
- A espessura de parede de 1,6 mm permitiu a deposição de 4 colunas de filamento por trecho, fazendo com que as camadas fossem estáveis o suficiente para impedir desvios dimensionais que poderiam ocorrer caso a espessura fosse menor. Esses pequenos desvios ocorreram localmente na extremidade das abas de encaixe;
- As regiões inclinadas da peça decorrentes do seu posicionamento na plataforma foram projetadas com ângulo máximo de 45°, favorecendo o auto suporte das camadas. Apenas a parte superior do recorte do oblongo da câmera é circular e apresenta ângulos ligeiramente maiores que 45°, o que resultou em uma menor qualidade de acabamento local.

As regiões superior e inferior das peças, que ficaram em contato com o *raft* durante a impressão, resultaram em uma pior qualidade superficial, mas no geral o resultado de acabamento superficial foi muito satisfatório.

Para analisar o consumo e desperdício mínimo de material foi realizada uma simulação de impressão da peça superior corrigida nas três possíveis posições de orientação mencionadas anteriormente. O resultado comparativo é apresentado na Tab. 2 e pode ser visto que a orientação vertical utilizada apresenta o menor desperdício de material em contrapartida do tempo de fabricação ser mais elevado.

Tabela 2. Comparativo de consumo e gastos de material para diferentes orientações da peça.

	Face externa para baixo		Face externa para cima		Vertical
	Sem <i>raft</i>	Com <i>raft</i>	Sem <i>raft</i>	Com <i>raft</i>	Com <i>raft</i>
Total de material (g)	14,81	24,01	28,08	37,34	12,13
Total efetivamente utilizado (g)	9,58				
Material desperdiçado (g)	5,23	14,43	18,5	27,76	2,55
Tempo de impressão	1h 8min	1h 38min	1h 58min	2h 30min	2h 13 min

O terceiro requisito do produto que foi parcialmente atendido nesse trabalho foi o encaixe adequado da capa no celular. Figura 5 mostra a capa colocada no celular. Por meio de testes de encaixe e desencaixe foi observado que as partes ficam firmes garantindo o encaixe e protegendo o celular. Entretanto, algumas possibilidades de melhoria foram observadas. O modelo 3D inicial disponível na internet não é completamente fiel ao aparelho real, principalmente na curvatura da parte inferior do celular. Isso fez com que a parte inferior da capa fosse fabricada com uma folga traseira muito grande, fazendo com que o aparelho tenha uma liberdade de movimento indesejada naquela direção. Além disso, os raios dos cantos do aparelho digital e a curvatura da parte superior e inferior são levemente diferentes e interferiram na folga com o celular real, ver Fig. 5 (b). Apenas com um modelo CAD 3D de grande fidelidade dimensional seria possível definir uma folga adequada para o encaixe.

Por fim, as abas de encaixe reprojatadas no segundo modelo tiveram excelente desempenho na sua função e foram capazes de manter o celular firme durante o manuseio. Apesar disso, por se tratar de um encaixe muito justo e de abas muito finas, aquela região ficou frágil podendo ser quebrada facilmente caso não seja manuseada com cuidado. Nesse quesito, a direção de impressão foi desfavorável, pois a região da aba pode sofrer esforços de flexão durante o encaixe e desencaixe.



Figura 5. Em (a) capa montada no celular, em (b) e (c) detalhes das folgas no encaixe (Autor)

3.2. Representatividade do caso de aplicação para o método

O método proposto no fluxograma da Fig. 1 foi aplicado em um caso real, capa de celular e se mostrou satisfatório, podendo assim validar o método. O produto apresentou características que são dependentes do processo. Através deste estudo de caso foi possível compreender a necessidade de analisar as limitações da manufatura aditiva por extrusão de material, conjuntamente com as etapas de desenvolvimento do produto. Algumas das diretrizes abordadas nesse estudo foram a espessura de paredes, folgas e tolerâncias de processo, ângulo máximo de impressão, relação orientação da peça x consumo de material, qualidade superficial, influência da altura de camada e velocidade de impressão.

Muitos outros fatores de processo e diretrizes de projeto existem e não apresentavam aplicação prática nesse estudo, como o projeto de suportes, o padrão de preenchimento interno de objetos, análise de influência de temperatura, distância máxima de pontes horizontais. Porém, cada objeto possui seus requisitos geométricos específicos e essa análise pode ser feita de forma personalizada seguindo o método proposto.

É necessário ressaltar que todo o projeto foi feito para uma impressora 3D pré-definida, que apresentava diversas limitações já anteriormente citadas. A utilização de outra máquina para a realização desse projeto poderia resultar em uma peça completamente diferente, por exemplo: inteiriça, de outro material, impressa em outra direção com estruturas de suporte solúveis e em muito menos tempo. Isso demonstra o grande impacto que as limitações de processo tem no projeto de produto.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho, foi desenvolvido um projeto de uma capa de celular para fabricação através de AM por extrusão de material. Foi proposta uma metodologia que leva em conta as limitações da impressora 3D a ser utilizada e emprega conceitos de DFAM. Observou-se que ao projetar, deve-se considerar esses conceitos, a fim de se obter uma melhor definição de parâmetros e estratégias de fabricação, reduzindo a dependência por experiência e habilidade do projetista.

Esse trabalho contribui para a disseminação do conhecimento sobre AM entre o grande público e propõe mudança de mentalidade sobre projeto para a fabricação. A metodologia proposta neste trabalho precisa ser ampliada para outros projetos, com requisitos, geometrias e limitações diferentes para ser aprimorado. Entretanto, ela já estrutura procedimentos e considerações para que pessoas com conhecimento médio de modelagem e operação de impressoras 3D consigam projetar um produto e fabrica-lo com sucesso em impressora 3D de baixo custo.

Os conceitos abordados ainda são muito novos e estão em desenvolvimento, fazendo com que haja um *gap* na literatura sobre esse assunto. Além disso, a maioria dos estudos da literatura sobre DFAM focam em outras tecnologias de AM, como fotopolimerização em cuba e fusão por leito de pó, por se tratarem de tecnologias mais avançadas e com menos limitações, consideradas mais promissoras.

5. REFERÊNCIAS

- Boothroyd, G., Dewhurst, P., Knight, W., 2011. *Product Design for Manufacture and Assembly*. Boca Raton(FL), Taylor and Francis Group, 3ª Edição.
- ISO/ASTM 52900:2015 (ASTM F2792). Additive manufacturing - General principles -Terminology.
- Hietikko, E. 2014. “Design for Additive Manufacturing – DFAM”. *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, Vol.3, n.12, p. 14-19.
- Durakovic, B., 2018. “Design for Additive Manufacturing: Benefits, Trends and Challenges”. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. Vol.6, n.2, p. 179-191.
- Santana, L. et al. 2016. “Avaliação da composição química e das características térmicas de filamentos de pla para impressoras 3D de código aberto”. In *9º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*. Fortaleza, Brasil.
- Thompson, M. K. et al. 2016. “Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints”. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 65, p. 737-760.
- Volpato, N., de Carvalho, J., 2017. *Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. São Paulo: Edgar Blücher.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

PRODUCT DESIGN FOR ADDITIVE MANUFACTURING BY EXTRUSION OF MATERIAL USING A LOW COST 3D PRINTER

Luísa de Souza Dieter

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.
luisadieter@gmail.com

Sérgio Fernando Lajarin

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.
espanhol@gmail.com

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Universidade Federal do Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 CEP 81531-990, Curitiba/PR.
lucia.demec@ufpr.br

José Aguiomar Foggiatto,

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 CEP 81280-340, Curitiba/PR.
foggiatto@utfpr.edu.br

Abstract: Additive manufacturing (AM) is an innovative manufacturing process that has become popular. There are several AM technologies, but the extrusion technology of filament-shaped material is the cheapest and the one that has become popular. However, the knowledge for using 3D printers is still limited and needs to be better studied. In order to make the best use of this technology, it is necessary to educate professionals to design their products considering the limitations of the existing process, materials and 3D printers. This work aims to present the concepts of Additive Manufacturing Project (DFAM) and propose a method of flow from product design to manufacturing in AM machines by extrusion of material. This method is employed in an application case study in which a custom, rigid and split cell phone cover designed for manufacturing in a low-cost 3D printer. Design guidelines for geometry definitions, process parameter analysis and the interrelation between these parameters are discussed. Finally, the printed product is analyzed to meet the established requirements of surface quality, minimum material expenditure and adequate fit in the cell phone. The factors addressed in the study were representative for the proposed flowchart, validating the method.

Keywords: Additive manufacturing. 3D printer. DFAM. Product design. Cellphone case.

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.