

USO DA MANUFATURA ADITIVA NA FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPOS EM UMA EMPRESA ELETRÔNICA DO PIM - POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.

Congresso Brasileiro De Manufatura Aditiva, 1ª edição, de 30/11/2020 a 01/12/2020
ISBN dos Anais: 978-65-86861-62-4

SILVA; Tatiany Mafra da ¹, TAVARES; Wollace dos Santos ², NEVES; Anderson Felipe Freitas ³, BATALHA; Yara ⁴, VIEIRA; Michael ⁵

RESUMO

1. Introdução

A necessidade de acompanhar a rápida demanda por novos produtos e a rapidez com que estes, devem chegar ao mercado para atender clientes ávidos por novidades faz com que a manufatura aditiva seja uma possibilidade real para diminuir os riscos de falhas de um projeto ou o tempo de espera pela manufatura desse protótipo. Além, de possibilitar uma melhor adequação e uma resposta mais rápida às necessidades do cliente [1]-[3].

Assim, o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um protótipo por meio da manufatura aditiva, com o intuito de diminuir os riscos do projeto de fechamento de uma maquina de cartão de crédito em uma empresa eletrônica do Polo Industrial de Manaus.

Como qualquer outro processo, a manufatura aditiva tem suas vantagens e limitações. De acordo com [3], se comparado ao processo de usinagem, o emprego da manufatura aditiva tem como principais vantagens:

- A facilidade de produzir itens complexos, já que uma usinagem tradicional seria um limitante por necessitar de máquinas e ferramentas especiais para tal fim [4]. Ou seja, a miniaturização dos produtos ou devido à complexidade deles, geralmente, só são possíveis de serem feitos por processos de microcorte, tais como microusinagem;
- Não necessita de dispositivos de fixação, não é necessária troca de ferramenta, o produto é feito em uma única etapa, ou seja, em um único equipamento. Não necessita de processos adicionais, na maioria das vezes;
- Não há desperdício de material, uma vez que a fabricação ocorre por meio de adição de material. Já no processo de usinagem, a forma e a dimensão do produto são obtidas por meio da remoção de material.

Já em relação às suas restrições, a manufatura aditiva ainda não consegue obter o mesmo acabamento e precisão dimensional que na usinagem, as propriedades mecânicas são inferiores se comparadas a produtos obtidos por outros processos e a fabricação de lotes grandes ainda leva mais tempo que em processos tradicionais [3].

Dentre os processos de manufatura aditiva existentes, utilizou-se o processo de modelagem por deposição de material fundido FDM. Esse processo consiste na extrusão de um fio que é empurrado para o cabeçote que está aquecido, no qual o material já em um estado semilíquido é depositado numa plataforma em camadas sucessivas. É um processo fácil e que pode ser usado tanto no desenvolvimento de protótipos como na fabricação do produto final [5]-[12].

A maioria dos materiais utilizados na indústria de eletrônicos, seja, o componente ou a base de

¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatiany.mafra@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,

fixação ou o próprio produto tem origem plástica. E, diferentemente, dos metais ainda são poucas as informações referentes à essa classe de materiais. No mercado, existem diversos polímeros, com infinitas aplicações. E, muitas das vezes, os polímeros ainda podem ser produzidos de diversas formas, o que aumenta ainda mais a sua complexidade [13].

Além disso, os materiais poliméricos são suscetíveis a mudanças de temperatura, tempo, deformações elásticas, entre outros. Isso tudo, desencadeia alterações em seu comportamento mecânico [14]. Por essas razões, projetos envolvendo polímeros requer um estudo aprofundado dessas variáveis para a sua correta aplicação. Uma vez que com a sua inclusão, aumentam-se os riscos de um projeto.

Aliado a isso, encontra-se o processo de fechamento da maquineta que consiste em uma atividade manual, em que os operadores pressionam o produto tanto na direção vertical quanto na direção horizontal para o correto fechamento. O material da maquineta é o polímero PC/ABS (policarbonato / acrilonitrila butadieno estireno). Esse polímero combina as propriedades de flexibilidade do ABS, resultando em maior resistência de impacto. Juntamente, com a maior resistência térmica e de tração do PC [15].

De acordo com [16], ao se projetar um sistema de pressão em materiais plásticos “*press fit*”, necessita-se calcular a quantidade correta de interferência entre as peças e levar em consideração a influência do atrito e da elasticidade entre as duas partes. O que torna uma das principais dificuldades encontradas neste projeto. Além disso, devem se escolher materiais com coeficiente de expansão térmica semelhantes, mas com durezas diferentes.

Portanto, determinar a força necessária para o correto fechamento e sem acarretar danos ao produto, torna-se fundamental elucidar primeiramente essas variáveis. Questões essas que poderiam ser facilitadas com o uso da simulação numérica. Isso tornaria possível uma avaliação mais precisa do esforço máximo necessário para o fechamento da maquineta.

Assim a utilização de protótipos permite a diminuição desses riscos, pois qualquer melhoria pensada pode ser facilmente modelada e com isso, a análise de diversas possibilidades são mais facilmente testadas e de maneira mais rápida.

Além disso, a possibilidade de automatização desse processo representaria em uma redução do risco ergonômico proveniente dessa atividade manual e ainda aumentaria a produtividade, pois estaria proporcionando um melhor ambiente de trabalho para o operador.

2. Metodologia

A Empresa organiza o processo de fechamento da maquineta em quatro estações de trabalho. Atualmente, essa operação é manual e realizada por quatro operadores. Além disso, possui uma produção diária de 2000 maquinetas por dia. É um processo *inline* e que possui uma área disponível na linha de (200 x 400) mm.

Assim, com o objetivo de aumentar a produtividade, torna-se necessário reduzir o tempo que o operador leva para fechar a maquineta. Portanto, melhorias nesse processo são imprescindíveis por meio da automatização dessa atividade.

Inicialmente, para validar o conceito do protótipo, projetou-se um berço por meio da modelagem por deposição de material fundido (FDM), utilizando a impressora 3D - Ender (ver Figura 1 - a). O material utilizado na impressora foi o filamento PLA. Já, para a modelagem do berço do protótipo, utilizou-se o software SolidWorks 2019, o berço tinha as seguintes dimensões (ver Figura 1 - b). Depois disso, o modelo foi convertido para o formato “*stl*” e convertido para o software de fatiamento Cura3d Ultimaker, um software com código aberto e utilizado para ser gerado o código do modelo.

¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatianny.mafra@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,

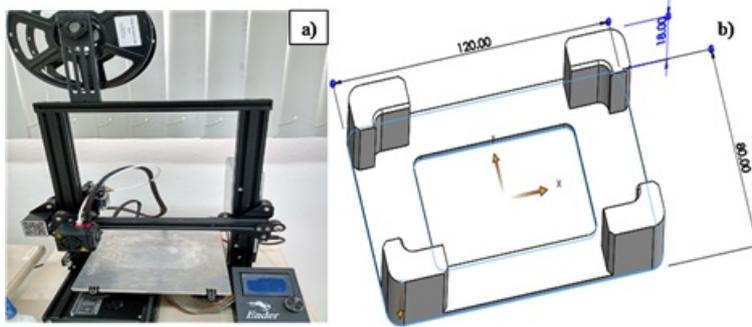


Figura 1: Impressora 3d - Ender (a). Berço do protótipo (b). Fonte: Autores.

O fechamento da maquineta é composto de duas partes superior e inferior. Na parte do “bottom - inferior” possui 16 travas distribuídas ao redor da área que devem ser encaixadas na parte do “top - superior” que possui 16 cavidades. Para que haja o fechamento, o operador realizava força tanto na direção horizontal quanto na direção vertical para poder fechar a maquineta.

Tendo em vista esse cenário e com o protótipo do berço construído, resolveu-se simular um ensaio utilizando atuadores para simular o fechamento da maquineta na direção horizontal e com uma chapa de poliuretano para simular o fechamento na direção vertical, conforme Figura 2.

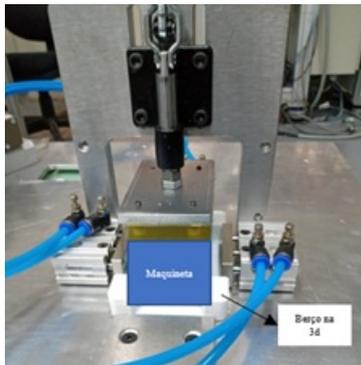


Figura 2: 1ª Configuração do protótipo. Fonte: Autores.

A outra configuração do ensaio, concentrou-se na ideia de fazer esforços mais próximos das travas. Assim, retirou-se a chapa de poliuretano e colocaram-se pinos na parte superior e mais próximo das extremidades onde ficava as travas, conforme Figura 3.



Figura 3: 2ª Configuração do protótipo. Fonte: Autores.

Um dos maiores riscos desse projeto seriam os *gaps* de não fechamento, quebras das travas, amassos e arranhões do produto. A análise dos melhores protótipos será comparada em relação ao relatório disponibilizado pelo Cliente do índice de falhas do processo atual, para poder validar uma dessas configurações. E, mediante, a análise estatística referente a estes ensaios.

3. Resultados

Com base na análise das duas configurações, os resultados a partir da segunda configuração

¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatianny.mafr@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,

foram os mais eficazes e eficientes, pois possibilitou que o fechamento das maquinas fosse feito sem a quebra das travas e ainda sem a presença de gaps.

No entanto, essa configuração ainda não estava de acordo com os requisitos do cliente que buscava um dispositivo pequeno e que pudesse ser usado *inline*, devido ao espaço ser pequeno e muitas das vezes, o operador tem a necessidade de manipular diversas maquinas na mesma área. Além, das outras atividades de teste que o mesmo executa neste posto. Ao automatizar o processo por meio de atuadores, exigiria adequação da NR-12 contra possíveis esmagamentos o que diminuiria ainda mais a área de acesso.

Tendo isso em mente, partiu-se para o protótipo final com o uso somente dos pinos próximos às travas, conforme visto na Figura 4. Os resultados a partir dessa configuração foram os mais eficazes e eficientes, pois possibilitou o correto fechamento das maquinas em 95% dos testes realizados no Cliente. Com o intuito de melhorar a confiabilidade dos testes para 99%, torna-se necessário a utilização da simulação numérica com o objetivo de reduzir o erro de não fechamento. No entanto, isso será mais bem evidenciado na segunda fase deste projeto.

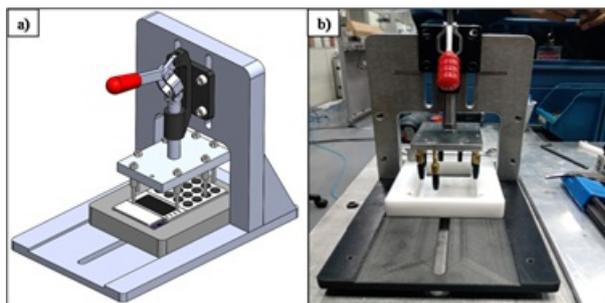


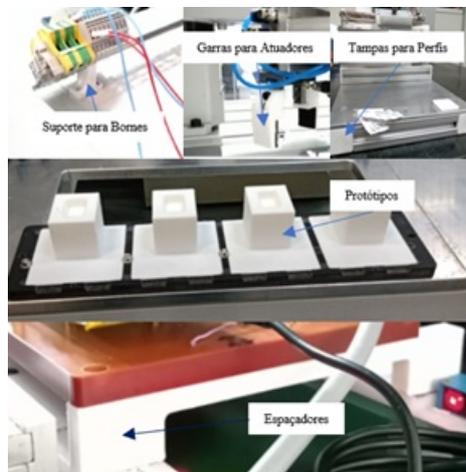
Figura 4: Protótipo final modelado (a). Protótipo final apresentado ao cliente (b). Fonte: Autores.

4. Conclusão

O uso da manufatura aditiva na confecção do protótipo do berço foi essencial, pois permitiu escolher a melhor configuração para o fechamento da maquina. Validando assim o conceito e permitindo chegar na configuração final do protótipo que foi mostrado e testado no Cliente.

E, principalmente, uma das principais vantagens do uso da manufatura aditiva na confecção dos protótipos ou na fabricação final do produto é não depender do setor de manufatura, que atualmente, é um setor gargalo na Empresa.

O Instituto, onde o presente trabalho foi desenvolvido, já utiliza a manufatura aditiva em diversos protótipos e até mesmo na obtenção de peças finais, tais como: suporte para bornes, garras para atuadores em robôs, tampas para perfis. Na Figura 5, tem-se uma demonstração desses produtos obtidos.



¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatianny.mafr@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,

Figura 5: Protótipos e produtos finais feitos por manufatura aditiva na Empresa. Fonte: Autores.

O uso cada vez mais intensivo da manufatura aditiva nos projetos permitiu uma maior independência do Instituto do setor de manufatura da Empresa, que hoje devido às demandas por conta de outros setores produtivos da Empresa não consegue atender de maneira rápida às mudanças que ocorrem nas alterações dos projetos desenvolvidos pelo Instituto.

Além disso, o tempo necessário para fazer cotação e até o produto chegar para a confecção dos protótipos, torna-se uma atividade demorada o que vai contra a necessidade de atender o cliente de maneira mais rápida.

A manufatura aditiva veio para dar maior celeridade aos processos desenvolvidos, a confecção de protótipos ou até mesmo na fabricação do produto final. Também empregada por alguns autores como uma tecnologia disruptiva, que visa reduzir os desperdícios no processo [17]-[19]. Percebe-se ainda que somente com o conhecimento mais aprofundado dos processos que envolvem a manufatura aditiva fará com que a Empresa avance para a Indústria 4.0, gerando produtos com alto valor agregado com menos etapas no processo e o mínimo de recursos humanos possível.

Referências

- [1] N. Volpato and C. A. Costa, "Competências E Recursos Da Rede De Manufatura Aditiva (Rma) No Brasil," *7th BRAZILIAN Congr. Manuf. Eng.*, 2013.
- [2] M. Wiese, S. Thiede, and C. Herrmann, "Rapid manufacturing of automotive polymer series parts: A systematic review of processes, materials and challenges," *Addit. Manuf.*, vol. 36, no. August, p. 101582, 2020, doi: 10.1016/j.addma.2020.101582.
- [3] A. L. J. Munhoz *et al.*, *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3d*. São Paulo: Blucher, 2017.
- [4] R. Aziz, M. I. Ul Haq, and A. Raina, "Effect of surface texturing on friction behaviour of 3D printed polylactic acid (PLA)," *Polym. Test.*, vol. 85, no. February, p. 106434, 2020, doi: 10.1016/j.polymertesting.2020.106434.
- [5] D. Hodžić, A. Pandžić, I. Hajro, and P. Tasić, "Strength comparison of FDM 3D printed PLA made by different manufacturers," *TEM J.*, vol. 9, no. 3, pp. 966-970, 2020, doi: 10.18421/TEM93-18.
- [6] C. M. Giordano, E. De Senzi Zancul, and V. Picanço Rodrigues, "Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais," *Rev. Produção Online*, vol. 16, no. 2, p. 499, 2016, doi: 10.14488/1676-1901.v16i2.1963.
- [7] V. Rodrigues, E. Zancul, C. Mançaneres, C. Giordano, and M. Salerno, "Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações," *Rev. GEPROS*, vol. 12, no. 3, p. 1, 2017.
- [8] E. A. Alberti, L. J. da Silva, and A. S. C. M. d'Oliveira, "Manufatura Aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade," *Soldag. Inspeção*, vol. 19, no. 2, pp. 190-198, 2014, doi: 10.1590/0104-9224/si1902.11.
- [9] V. Benoist, L. Arnaud, and M. Baili, "A new method of design for additive manufacturing including machining constraints," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 111, no. 1-2, pp. 25-36, 2020, doi: 10.1007/s00170-020-06059-2.
- [10] S. Wang, Y. Ma, Z. Deng, S. Zhang, and J. Cai, "Effects of fused deposition modeling process parameters on tensile, dynamic mechanical properties of 3D printed polylactic acid materials," *Polym. Test.*, vol. 86, no. January, p. 106483, 2020, doi: 10.1016/j.polymertesting.2020.106483.
- [11] X. Zhang and L. Chen, "Effects of laser scanning speed on surface roughness and mechanical properties of aluminum/Polylactic Acid (Al/PLA) composites parts fabricated by fused deposition modeling," *Polym. Test.*, vol. 91, no. August, p. 106785, 2020, doi: 10.1016/j.polymertesting.2020.106785.
- [12] J. F. P. Lovo and C. A. Fortulan, "Estudo de propriedades mecânicas e anisotropia em peças fabricadas por manufatura aditiva tipo FDM," *I Simpósio do Programa Pós-Graduação em Eng. Mecânica da EESC-USP*, no. 1, pp. 2-8, 2016.
- [13] M. Ashby and D. Jones, *Materiais de Engenharia*, 4th ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- [14] W. D. Callister Jr. and D. G. Rethwisch, *Materials science and engineering: an introduction*, 8ª. Danvers: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [15] R. S. Cavalcante, J. D. V. Barbosa, J. B. Azevedo, L. Pisanu, and S. M. Nascimento, "Caracterização térmica, mecânica e morfológica da blenda PC/ABS com modificador de impacto,"

¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatianny.mafr@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,

in *Investigation of the mechanical properties of magnesium metal matrix composites with a fine dispersion of CeO₂ particles*, 2014, vol. 5738, no. 1, pp. 2665–2672, doi: 10.2466/pr0.1981.48.1.335.

[16] C. Maier, “Design Guides for Plastics,” *Enablers Economy*, p. 63, 2009.

[17] K. Ruckstuhl, R. Costa Camoes Rabello, and S. Davenport, “Design and responsible research innovation in the additive manufacturing industry,” *Des. Stud.*, vol. 71, p. 100966, 2020, doi: 10.1016/j.destud.2020.100966.

[18] C. Wang, X. P. Tan, S. B. Tor, and C. S. Lim, “Machine learning in additive manufacturing: State-of-the-art and perspectives,” *Addit. Manuf.*, vol. 36, no. August, p. 101538, 2020, doi: 10.1016/j.addma.2020.101538.

[19] Z. Zhang, I. Fidan, and M. Allen, “Detection of material extrusion in-process failures via deep learning,” *Inventions*, vol. 5, no. 3, pp. 1–9, 2020, doi: 10.3390/inventions5030025.

PALAVRAS-CHAVE: Manufatura Aditiva. Protótipo. Projetos. FDM. PIM.

¹ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia, tatianny.mafra@gmail.com

² Manaus,

³ AM,

⁴ Brasil,

⁵ Instituto Cal-Comp de Pesquisa e Inovação Tecnológica da Amazônia,