



**COMPARAÇÃO DO ALTO CUSTO DE IMPORTAÇÃO DA CAPA PLÁSTICA DE
PROTEÇÃO VERSUS A FABRICAÇÃO TRIDIMENSIONAL**

SETE LAGOAS

2022

COMPARAÇÃO DO ALTO CUSTO DE IMPORTAÇÃO DA CAPA PLÁSTICA DE PROTEÇÃO VERSUS A FABRICAÇÃO TRIDIMENSIONAL (3D)

Bruno Marques Gonçalves¹, Vinicius Antunes Martins²

brunomarques_tof@hotmail.com, viniciusantunes023@gmail.com

Professor orientador: José Eduardo Barbosa de Oliveira

Coordenação de curso de Engenharia Mecânica

RESUMO

O presente estudo tem como principal foco abordar a comparação do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3D). O objetivo geral é apresentar uma análise de como as impressoras 3D podem contribuir para a redução dos impactos relacionados ao ramo industrial, tais como: melhor custo benefício para a produção em pequena escala e o avanço tecnológico de prototipagem rápida dentro das indústrias visto que permite o desenvolvimento de peças. Para tanto, definiram-se os seguintes objetivos específicos: comparar a fabricação de protótipos através de usinagem em relação ao processo de manufatura aditiva; estudar os benefícios da utilização da impressora 3D; calcular a vantagem econômica da injeção da manufatura aditiva; abordar a comparação do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3D). Justifica-se visto que o uso das impressoras 3D nas indústrias demonstra a possibilidade de minimizar despesas relacionadas a peças importadas. Ademais, elas podem produzir produtos sob demanda, evitando gastos no transporte da mercadoria. Desta forma, o estudo mostra vantagens que a impressão 3D traz para o ramo industrial de forma generalizada, buscando alcançar o avanço tecnológico nos dias atuais, adotando a inovação de métodos, vez que, visa a produção rápida e eficaz do produto. O estudo consiste em uma pesquisa aplicada, buscando possível solução para o problema específico. O método usado é um estudo de caso, objetivando contribuir para a redução dos impactos relacionados ao ramo industrial. Com o levantamento de informações ao longo da pesquisa e da análise das informações, foi possível concluir que a comparação do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3d), pois observou-se que é 100% viável, realizar a fabricação nacional. Devido, obter um melhor custo benefício é possível a redução de tempo para recebimento do componente, redução total do custo do componente e similaridade do tempo-ciclo dos componentes.

Palavras-chave: Crescimento Tecnológico. Impressoras 3D. Custo-benefício. Nacionalização de componentes.

¹ Graduação em Engenharia Mecânica – Centro Universitário UNA.

² Graduação em Engenharia Mecânica – Centro Universitário UNA.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O crescimento tecnológico das impressoras

Em primeiro lugar, vale destacar que o engenheiro norte-americano Chuck Hull, criou a primeira impressora 3D no estado da Califórnia no ano de 1984, iniciando com funcionamento a vapor e tecnologia estereolitografia que deu origem à impressão 3D. Com isso, essa tecnologia foi desenvolvida com o intuito de fabricar lâmpadas para secagem de resinas. Contudo, se tornou popular no mercado por consentir a confecção de peças em plástico com alto grau de detalhamento de uma forma rápida e eficaz.

Logo, é importante ressaltar que a área tecnológica vem progredindo cada vez mais, tanto em aparelhos eletrônicos como em mecanismos para simplificar a vida das pessoas. Assim, um dos equipamentos decorrentes dessa evolução tecnológica, é a impressora, visto que auxilia os usuários em suas tarefas relacionadas ao ambiente profissional ou cotidiano.

Nesse mesmo sentido, ao decorrer dos anos, a impressora obteve uma maior visibilidade no mercado pela grande aplicabilidade em imprimir vários objetos em diversas partes, como por exemplo, as ferramentas industriais e até mesmo em próteses na área da medicina, completando com grande potencial a cadeia de abastecimento global (DANTAS, 2018, p. 2.)

Dessa maneira, segundo Dantas (2018), hoje em dia as empresas procuram investir na inovação de novos mecanismos que visam destaque no mercado competitivo com processos de produção cada vez mais favorecidos pela era tecnológica, então, neste cenário de constante avanço, revela-se a impressora 3D, instrumento que permite produzir em camadas aditivas moldes de peças sólidas a partir de desenho digital elaborado no software de desenho (CAD).

Conforme o pesquisador Fernandes et al. (2014), nos dias de hoje existem três tipos de tecnologias para produção em 3D, sendo a Estereolitografia (SLA), que desempenha a solidificação de uma resina líquida para produção de um produto. Já a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), efetua a solidificação e união controlada de pequenas partículas, areias, de plástico ou metal. Por fim, tem-se a Modelagem por Fusão e Depósito (FDM), uma tecnologia mais simples que realiza a deposição, adição, de filamento plástico para confecção de peças.

A partir dessa perspectiva, o método de impressão tridimensional (3D) é uma tecnologia avançada que permite a produção de objetos, vez que é utilizada para uma rápida função de desenvolver protótipos de produtos no menor tempo possível, tendo como vantagem sobre as impressoras tradicionais, devido a dispensa do uso ferramental e tem melhor custo benefício (FERNANDES, et al., 2014, p. 15).

Em suma, a impressora 3D, conforme Dantas (2018), contribui de forma elevada para a melhoria do processo de produção em empresas, tal como em diversas áreas que contam com as vantagens dessa tecnologia, tendo como principais exemplos, a inovação, trazendo novos negócios e ganhando impulso para deixar barreiras para trás; além disso, há agilidade no armazenamento e auxílio na produção, trazendo a redução de custo, tempo e matéria, vez que ocorre a impressão de peças detalhadas e complexas de uma só vez, sem desperdício de matéria-prima, com a certeza do design que permite o encaixe ideal de peças.

Com isso, o presente trabalho se guiará perante a demonstração comparativa do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3D), visto que de modo geral visa sempre maximizar os lucros,

minimizar custos e otimizar processos em empresas. Além disso, será apresentado a importância da impressora como ferramenta de suporte e melhoria numa empresa do ramo da engenharia mecânica.

1.1 Tema

Antes de mais nada, tem-se como tema: A utilização da Impressora 3D como alternativa para o melhor custo benefício no ramo industrial em produção de pequena escala. Então, para se aproximar do resultado pretendido, é necessário a pesquisa, de modo a demonstrar como a impressora 3D pode reduzir gastos nas indústrias.

1.2 Problematização

Nesse sentido, o problema de pesquisa deste estudo se dá pela seguinte pergunta: Como a utilização da manufatura aditiva (impressora 3D) para a produção de um componente de desgaste de uma prensa mecânica, visando o melhor custo benefício?

1.3 Justificativa

Dessa forma, o tema é de extrema relevância, visto que o uso das impressoras 3D nas indústrias demonstra a possibilidade de minimizar despesas relacionadas a peças importadas. Além disso, elas podem produzir produtos sob demanda, evitando gastos no transporte da mercadoria.

Com isso, o estudo mostra vantagens que a impressão 3D traz para o ramo industrial de forma generalizada, buscando alcançar o avanço tecnológico nos dias atuais, adotando a inovação de métodos, vez que, visa a produção rápida e eficaz do produto.

1.4 Objetivo geral

Assim, o objetivo geral desse trabalho é apresentar uma análise de como as impressoras 3D podem contribuir para a redução dos impactos relacionados ao ramo industrial, tais como, melhor custo benefício para a produção em pequena escala e o avanço tecnológico de prototipagem rápida dentro das indústrias, visto que permite o desenvolvimento de peças.

1.5 Objetivos específicos

Dessa maneira, para um melhor entendimento sobre a pesquisa, tem-se objetivos específicos, sendo eles:

- a) Comparar a fabricação de protótipos através de usinagem em relação ao processo de manufatura aditiva;
- b) Estudar os benefícios da utilização da impressora 3D;
- c) Calcular a vantagem econômica da injeção da manufatura aditiva.

1.6 Metodologia

Por meio de revisão bibliográfica, pesquisa documental, de abordagem

qualitativa e de caráter exploratório.

No desenvolvimento deste estudo será realizada uma pesquisa bibliográfica, e que de acordo com Marconi e Lakatos (2017) é um tipo específico de produção científica, a qual é feita com base em textos, como livros, artigos científicos, jornais, revistas, dentre outros meios de consulta.

Gil (2010) afirma que a pesquisa bibliográfica é um fator relevante, uma vez que através da mesma, o pesquisador pode decidir acerca do alcance de sua investigação, das regras de explicação dos fatos e da validade das generalizações.

Certamente, Gil (2017) afirma que a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla de que aquela que poderia pesquisar diretamente.

1.6.1 Coleta de dados

Os dados foram coletados de forma objetiva, observando os indicativos do equipamento e também suas informações. Para fundamentar melhor a teoria que consideramos a mais plausível, realizamos um análise de comparação de alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3D).

1.6.2 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada através da análise *SWOT*, e análise de custos, através de uma planilha com as informações sobre produto importado, produto nacional, custo de manufatura, custo de logística e estoque, bem como o custo do produto final, gerando um gráfico detalhado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A impressão 3D consiste na materialização física de um objeto virtual, que no caso da engenharia mecânica, estes objetos são gerados via softwares de CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Assistido por Computador), por exemplo SolidWorks® ou NX®, e deste projeto elaborado via software pode ser extraído um arquivo, normalmente na extensão .STL, o qual é aberto em um software de fatiamento ou programação da impressão, onde podem ser definidos parâmetros baseados na tecnologia disponível no equipamento de impressão 3D.

Na engenharia mecânica, em questão, a sua funcionalidade é ideal, para a produção de protótipos, para projetos em fase de testes ou até mesmo utilizá-los como, produto final. A impressão 3D não substitui a usinagem, no entanto, é viavelmente mais barata e mais completa, pois, em casos de geometrias mais complexas, não é possível usinar (LEONEL, 2011).

Dois importantes processos de fabricação são Manufatura Aditiva e Manufatura Subtrativa. Atualmente a manufatura aditiva vem em grande crescente devido novas tecnologias seja de equipamentos, processos e materiais. Mas neste caso, vamos destacar a manufatura aditiva.

Neste processo as peças normalmente se transformam através de algum material onde normalmente sofrem um processo de cura rápido. A principal vantagem do uso das tecnologias aditivas é a facilidade com que a máquina constrói os mais complexos e diversos tipos de geometrias, inclusive com detalhes em espaços internos e negativos, dispensando o uso de moldes e outras ferramentas de fabricação. As tecnologias aditivas podem ser divididas em três tipos: aquelas

baseadas nos líquidos - como as resinas -, nos sólidos - materiais em forma de filamentos ou lâminas -, ou no pó; todas utilizando diferentes processos de produção e materiais (VOLPATO, 2007).

Normalmente em FabLabs existem máquinas aditivas do tipo de impressão 3D por filamento, por resina e gesso. Impressoras 3D são hoje os equipamentos mais comuns na tecnologia de manufatura aditiva. Para este trabalho, a tecnologia escolhida foi a de filamento (FDM) - a impressora Hender-5 plus. O princípio dessa tecnologia é a prototipagem, por meio da modelagem de objetos a partir de desenhos gerados em CAD ou de dados digitalizados por varrimento (engenharia reversa) (RAULINO, 2011).

2.1 Ferramental gerencial SWOT

Devido a qualidade e rapidez na entrega da peça para o cliente, se faz necessário a impressão 3D local, sem precisar da importação. Diante a situação de que a bobina de nylon ser de alto custo, e o ganho a longo prazo, temos a análise swot para obter mais detalhes de qual a melhor alternativa.

Para desenvolver um painel semântico que auxilie na comparação do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3D) é fundamental que seja realizada uma análise SWOT. De forma sucinta, a análise SWOT é uma ferramenta simples usada para fazer análises de ambiente, sendo considerada como base para gestão e planejamento estratégico de uma empresa (MACHADO, 2008).

Em relação ao termo SWOT, Machado (2008, p. 37) afirma que “deriva de quatro palavras em inglês: opportunities, threat, strenghts, weaknesses”. Traduzindo seria Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças. A Análise SWOT é dividida em 2 ambientes: o interno e o externo, no qual o ambiente interno é relacionado as forças e fraquezas de uma organização e dependem da própria organização. Já o ambiente externo está voltado para as ameaças e oportunidades que são questões que não dependem da empresa. Com base nisso, elaborou-se a seguinte análise SWOT:

Quadro 1 - Análise SWOT

Análise SWOT Produto Nacional		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Originalidade 2. Qualidade dos Produtos 3. Produtos Exclusivos sob demanda 4. Produção rápida 5. Bom custo-benefício 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualidade do material 2. Tempo do ciclo do componente 3. Variação de media
Fatores Externos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumidores cada vez mais próximos 2. Mercado local em alta 3. Inovações tecnológicas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muita concorrência 2. Nacionalização do produto

Fonte: elaborado pelos autores,2022.

Quadro 2 - Análise SWOT

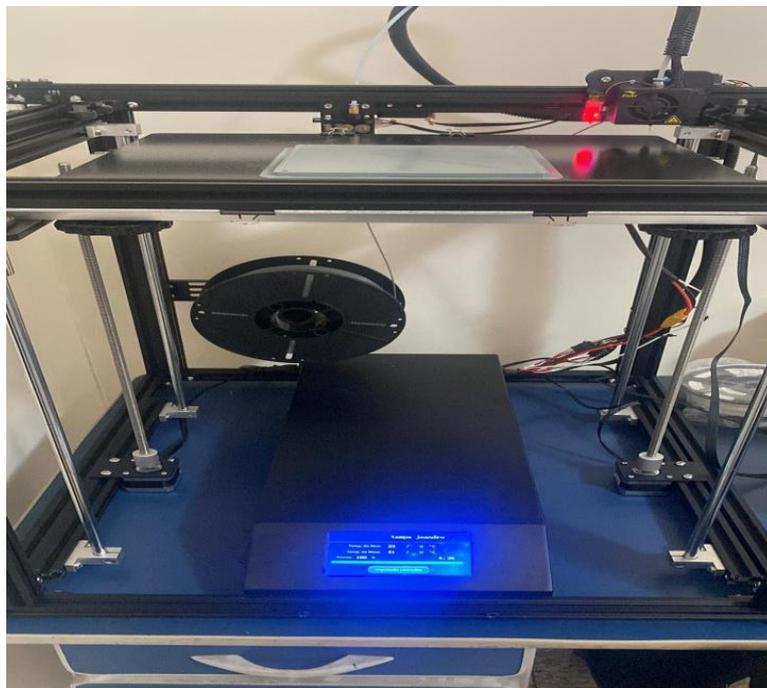
Análise SWOT Produto Internacional		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	1. Confiabilidade dos produtos	1. Lead time 2. Alto custo 3. Ganho a longo prazo
Fatores Externos		

Fonte: elaborado pelos autores,2022.

2.2 Comparação a fabricação de protótipos através de usinagem em relação ao processo de manufatura aditiva

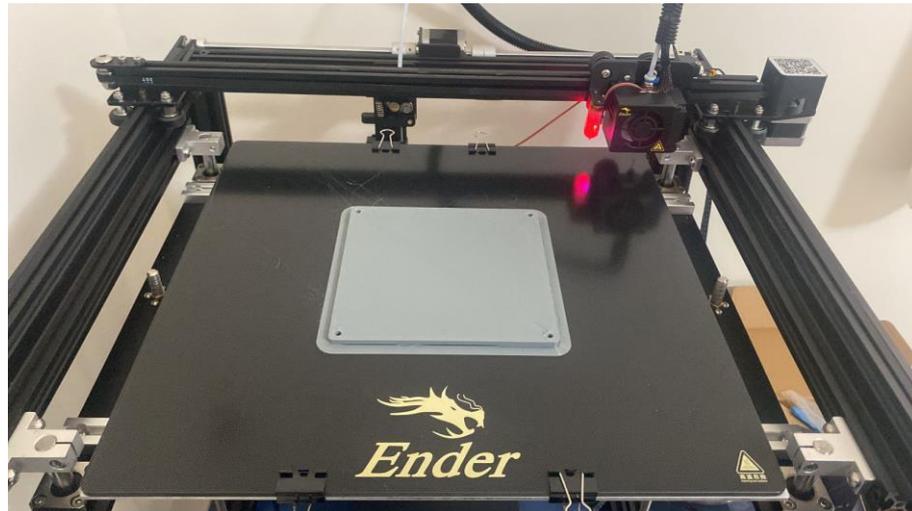
Como estudo de caso temos, a Prensa, que vem importada da Itália –e a guia do martelo da prensa, que é feita por náilon, mas devido ao imposto alto, devido o envio ser via aérea ou marítima, o valor total desta importação fica com alto custo. Por isso, como solução para diminuir os custos deste caso, podemos usar as impressoras 3D, através dos protótipos, em forma de testes, conforme Figura 1 e 2, a impressora Hender 5 plus.

Figura 1 - Impressora Hender 5 plus



Fonte: foto tirada pelos autores, 2022.

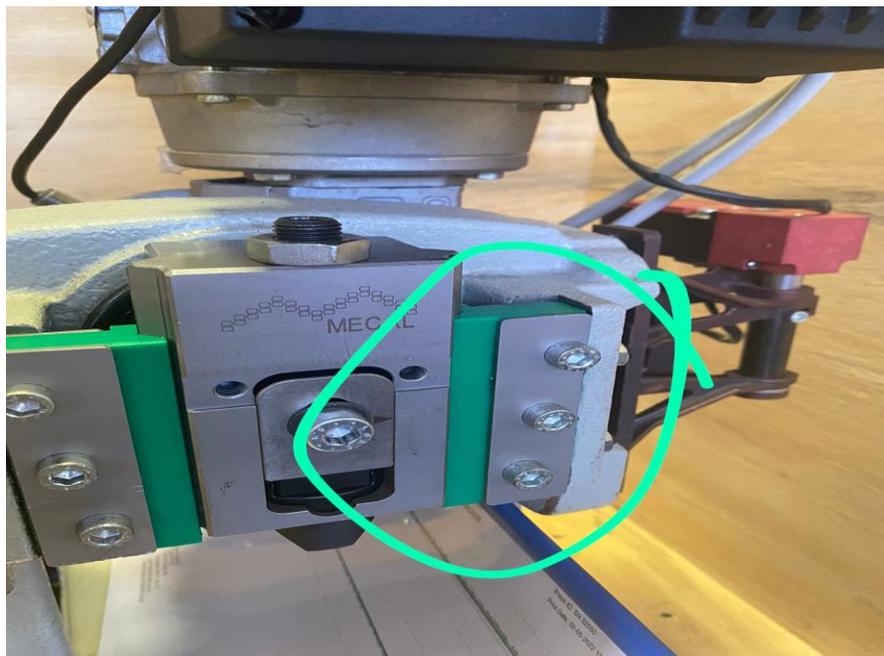
Figura 2 - Impressora Hender 5 plus



Fonte: foto tirada pelos autores, 2022.

No caso, a seguir, temos a peça a ser impressa na plataforma de impressão, Figura 3.

Figura 3 - Peça a ser impressa na plataforma



Fonte: foto tirada pelos autores, 2022.

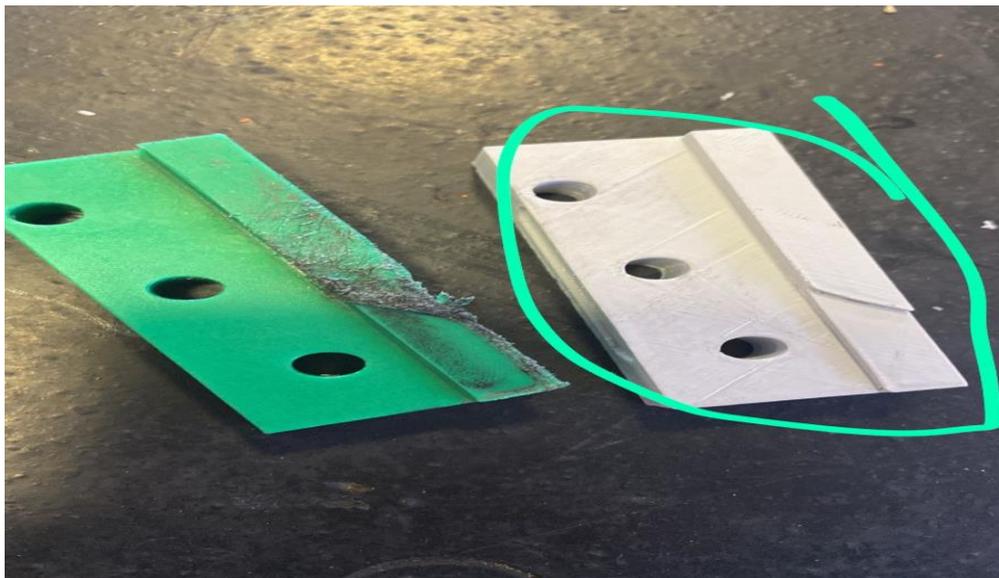
Como se pode observar a figura 4, a peça já impressa, vinda da plataforma de impressão 3D.

Figura 4 - Peça impressa na plataforma de impressão



Fonte: foto tirada pelos autores, 2022.

Figura 5 - Peça final impressa



Fonte: foto tirada pelos autores, 2022.

2.1 Benefícios da utilização da impressora 3D

Um projeto simples e inovador de impressora 3D, baseado em um sistema de extrusão de plástico, similar ao que é utilizado em injeção plástica, mas em miniatura e com controle total da quantidade de material a ser derretido, e ao invés de utilizar um molde, a máquina sozinha excursiona nos três eixos XYZ, através de três motores de passo, e um outro motor de passo extra, utilizado no controle do plástico a ser derretido ou fundido.

Esta técnica ficou conhecida como FDM (*Fused Deposition Modeling*) que é na verdade o processo de deposição por material plástico fundido camada por camada, de forma similar a máquina SLS. Utilizar plásticos moldados a altas temperaturas (termoplásticos) como matéria prima de impressão 3D foi uma ideia

originalmente brilhante, tanto pelo fato da resistência física do material plástico, quanto pelo baixo custo da própria máquina e da matéria prima utilizada. A matéria prima usada em máquinas FDM para construção de um objeto é fabricada na forma de um cordão de filamento plástico bobinado em carretéis de aproximadamente 1kg, com espessura de 1,75 mm de diâmetro. O bico da extrusora da impressora 3D FDM ao derreter o plástico, reduz o diâmetro para 0,4 mm (mais comum), de tal forma que os objetos produzidos possam ter a aparência superficial quase lisa aos olhos humanos.

Os plásticos mais comuns utilizados em impressoras 3D FDM são o ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) e o PLA (*Polylactic Acid*) ambos produzidos em várias cores diferentes. Cada tipo de plástico possui qualidades e procedimentos diferentes de impressão 3D. O mais simples de utilizar, com melhor custo/benefício é o PLA. Este termoplástico é biodegradável, além de poder ser reaproveitado na confecção de novos filamentos para impressão 3D. A utilização do PLA, não necessita que a máquina de impressão 3D possua a mesa (plataforma de confecção de objetos) aquecida, como é o caso de uso do ABS. Apesar do tempo de manufatura da prototipagem rápida aditiva não ser tão curto quanto todos gostariam, ainda sim é uma opção muito boa para acelerar os processos de desenvolvimento de novos produtos (CANCIGLIERI et al., 2007).

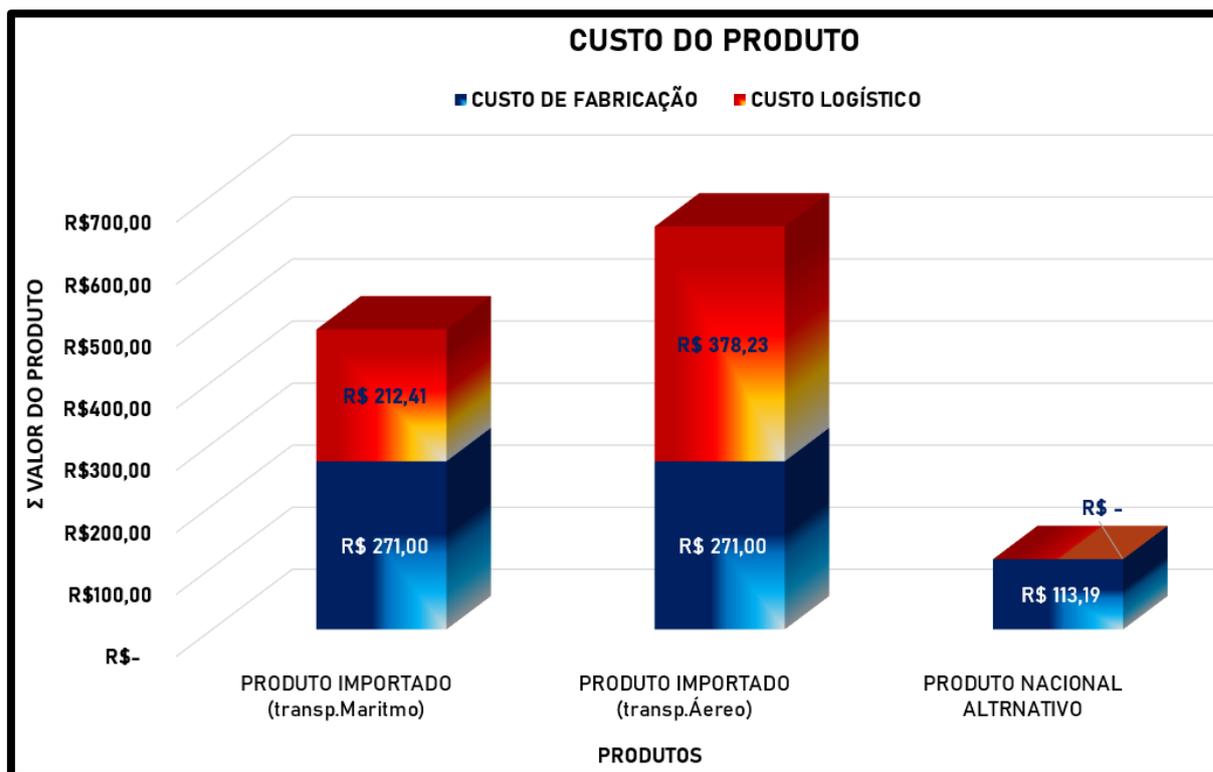
Atualmente uma impressão 3D em uma máquina pequena de uso comercial demora entre 01 (uma) hora para objetos simples e pequeno, e até 10 (dez) horas para fabricar objetos complexos (muitos detalhes) ou grandes (volume iguais ou maiores que 30 (trinta) 3 cm). Cabe lembrar que mesmo assim, esta técnica ainda é mais rápida e de menor custo (incluindo o material) do que outros processos de manufatura tradicionais. Após a realização de todos os testes com os protótipos de baixo custo Lino *et al.* (2001), é possível utilizar outras técnicas de custo mais elevado para a produção final de um protótipo, com material real de projeto e com acabamento necessário para ser produzido em escala comercial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Feita a análise de como as impressoras 3D podem contribuir para a redução dos impactos relacionados ao ramo industrial, tais como, melhor custo benefício para a produção em pequena escala e o avanço tecnológico de prototipagem rápida dentro das indústrias, visto que permite o desenvolvimento de peças.

O gráfico 1 mostra a relação de custo (monetário), entre a peça importada e a peça nacionalizada produzida através a impressora tridimensional (3D). Podemos observar uma redução do custo de fabricação de aproximadamente 58% no custo de fabricação, e redução total no custo logístico independentemente do tipo de transporte, uma vez que a peça será produzida internamente.

Gráfico 1 - Custo de fabricação x custo logístico

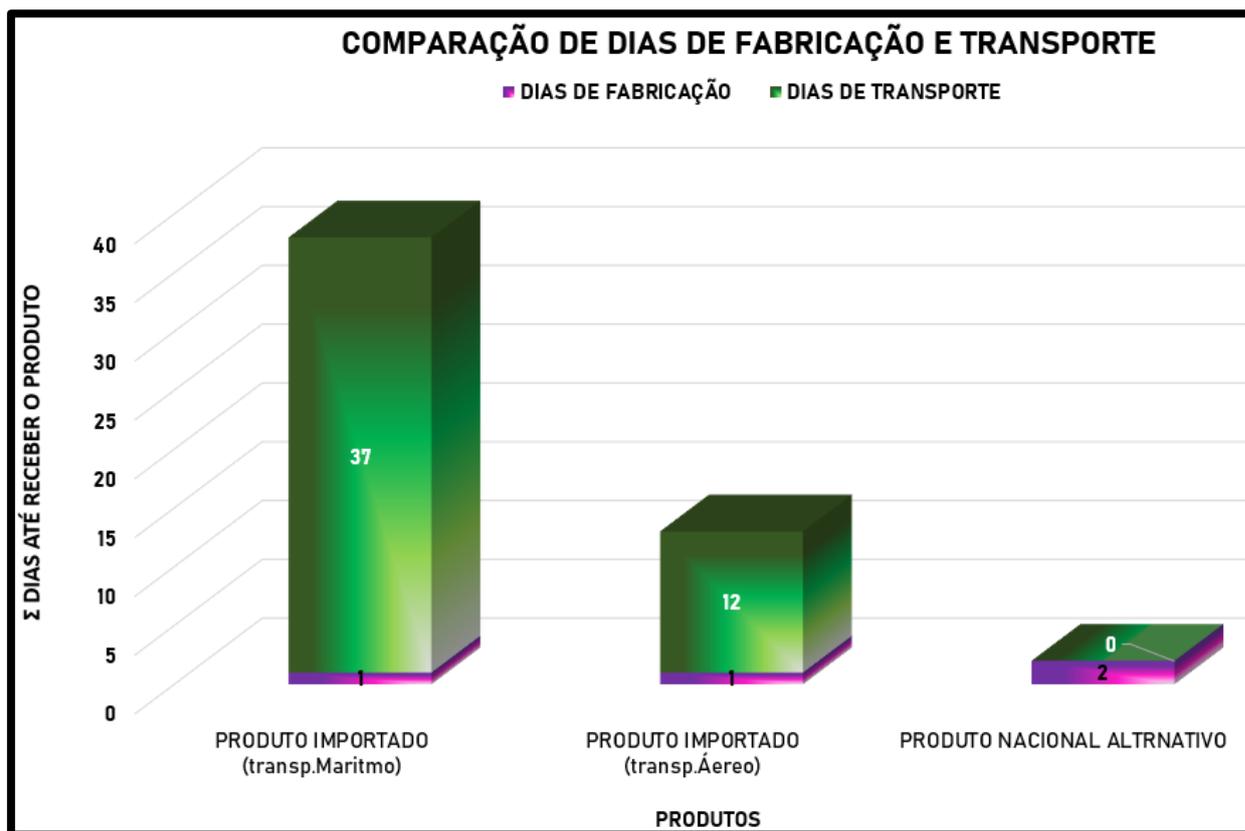


FONTE: Dados elaborados pelos pesquisadores, 2022.

Conforme se observa no graf. 1, temos R\$271,00 de custo do produto importado, tanto de forma marítima e de forma aérea, no caso do produto nacional, o custo de fabricação é bem menor, R\$113,19. Já o custo de logística, teve alterações, como vemos, acima, custo de logística do produto importado via marítima, R\$212,41, via transporte aéreo, R\$378,23, e R\$0,00 custo para o produto nacional. Diante disto, a comparação nos mostra que a utilização da manufatura aditiva (impressora 3D) para a produção de um componente de desgaste de uma prensa mecânica, visando o melhor custo benefício, é viável, se observar os gastos, analisados.

Temos também o gráfico 2 relaciona o tempo de fabricação e transporte entre as peças importadas e nacionalizadas. Embora o tempo de produção da peça na impressora 3D seja maior, devido a velocidade de fabricação e o tempo de inspeção de qualidade, sendo aproximadamente dois dias totais, o produto nacional continua em vantagem, uma vez que não há tempo gasto com transporte.

Gráfico 2 - Comparação de dias de fabricação e transporte



FONTE: Dados elaborados pelos pesquisadores, 2022.

Analisando o graf. 2, temos como prazo de fabricação do produto, até 3 dias, para produto importado, via marítima, e via aérea, visto que o tempo para fabricação do produto nacional, também é em 3 dias, mas ao observar os dias de transporte, temos uma grande diferença, sendo, 37 dias para o transporte marítimo e 12 dias, para transporte aéreo, para o produto importado, quanto ao produto nacional, não se tem nenhum gasto com transporte.

O produto importado é fabricado a partir de um Controle Numérico Computadorizado (CNC), fazendo com que a peça fique pronta em pouco tempo (aproximadamente 3 horas). Embora o tempo de produção da peça seja rápida, o transporte por sua vez demora um pouco mais, uma vez que o produto está sendo despachado de outro continente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado ao longo da pesquisa, é possível reforçar a importância do assunto abordado, visto que o mesmo pode impactar fortemente nas questões de menor custo, redução do lead time (entrega do produto para o cliente), além de não precisar enfrentar as questões burocráticas de se importar qualquer produto ou peça.

As informações e dados apresentados neste trabalho contribuem de forma significativa o campo de estudo sobre a comparação do alto custo de importação da capa plástica de proteção versus a fabricação tridimensional (3d), pois observou-se que é 100% viável, realizar a fabricação nacional. Devido, obter um melhor custo benefício é possível a redução de tempo para recebimento do componente, redução

total do custo do componente e similaridade do tempo-ciclo dos componentes.

Os conteúdos aqui apresentados demonstram que muitas outras pesquisas ainda podem ser realizadas sobre questões de importação e produto nacional, devido à importância do tema e inúmeras contribuições para o meio acadêmico, com a finalidade de relatar e demonstrar na prática.

A pesquisa em curso na fabricação rápida continuará a produzir avanços técnicos que podem levar a melhorias significativas nos custos de produção, design de produto e ao meio ambiente. O mercado da impressora 3D ou de adição já é uma realidade que cresce numa velocidade impressionante modificando a tecnologia de fabricação e abastecimento. Criando oportunidades incríveis para população mundial.

REFERENCIAS

CANCIGLIERI JUNIOR, O; SELHORST NETO, A. “Processos de prototipagem rápida por deposição ou remoção de material na concepção de novos produtos uma abordagem comparativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27, Foz do Iguaçu, **Proceedings** [...], 2007 Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr610459_0570.pdf. Acesso em: 31 out. 2022.

DANTAS, Izabel de Melo. PACHECO, Lilian Nogueira. SILVA, Rosival Ferreira da. SANTOS, Samanta Lujan dos Santos. BOTELHO, Wagner Costa. Implantação de impressão 3D: melhoria no processo de projetos no grupo açotubo. **Revista científica semana acadêmica**, v. 123, n. 1, jun. 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/impressora_3d-artigo_final225-5-18.pdf Acesso em: 31 out. 2022.

FERNANDES, Aparecida de Fátima et al. **Supply chain e o impacto da Impressora 3D**. 2014. 82 f. Trabalho final de disciplina (MBA em Engenharia e Gestão de Manufatura e Manutenção) - Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: https://brasscom.org.br/wp-content/uploads/2017/08/estudos-associados_impressora_usp.pdf. Acesso em:

GIL, A. C. **Como classificar as pesquisas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEONEL, R. **A impressão 3D na indústria e engenharia**: Nova forma de produzir protótipos reduz tempo e custo de manufatura. CIMM. 2011.

LINO, F. J.; CAMBOA, H.; PAIVA, B. E NETO, R.J. “Direct conversion of rapid prototyping models”. In: **INTERNATIONAL MATERIALS SYMPOSIUM, 1, Proceedings** [...], Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, Abril 9-11, 2001.

MACHADO, L. E. **Gestão estratégica para instituições de ensino superior privadas**. FGV Editora. 2008.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: ATLAS, 2017.

RAULINO, B. R. Manufatura Aditiva: Desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida baseada na tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição).2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação) Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 105p. 2011.

VOLPATO, N. **Prototipagem rápida**: tecnologias e aplicações. Editora Blucher, 2007.