

TIPOS DE IMPRESSÃO 3D E ESTUDO DE CASO DE FALHAS UTILIZANDO UMA IMPRESSORA CREALITY ENDER 3

TYPES OF 3D PRINTING AND FAILURE CASE STUDY USING A CREALITY ENDER 3 PRINTER

Gean Batista Martins[I]
Richardson Leandro Nunes[II]
Ríterson Jacques Nunes[III]

Área: A3. Gestão da Manutenção e Processos Industriais (GEMAPI)
Subárea: S2 Processos de Fabricação

RESUMO

Este artigo apresenta a manufatura aditiva, onde os protótipos ou produtos são fabricados por sobreposição de camadas. Apresentou-se solução para várias falhas através de testes práticos. Um primeiro protótipo foi utilizado como base para ocorrência de falhas comuns e indicação das soluções de suas causas. Um segundo protótipo foi utilizado para mostrar perda de resistência mecânica em peças impressas sem falhas. Foram obtidos seis resultados de impressão para o primeiro protótipo, sendo cinco destes com falhas que foram resolvidas para produzir um resultado sem falhas. O segundo protótipo teve dois resultados, onde um apresentou boa resistência mecânica e o outro apresentou perda de resistência mecânica. Conclui-se que este trabalho é uma boa referência para boas práticas de impressão 3D.

Palavras-chave: Impressão 3D. Manufatura Aditiva. FDM. Prototipagem Rápida.

ABSTRACT

This article introduces additive manufacturing, where prototypes or products are manufactured by layering. A solution for several failures was presented through practical tests. A first prototype was used as a basis for the occurrence of common failures and indication of the solutions of their causes. A second prototype was used to show loss of mechanical strength in flawlessly printed parts. Six print results were obtained for the first prototype, five of which had flaws that were investigated and refined to produce a sixth flawless result. The second prototype had two results, where one showed good mechanical strength and the other showed loss of mechanical strength. It is concluded that this work is a good reference for good practices.

Keywords: 3D Printing. Additive Manufacturing. FDM. Rapid Prototyping.

Data de submissão do artigo: 14/07/2022.
Data de aprovação do artigo: 05/10/2022.
DOI: **10.33635/sitefa.v5i1.203**

[I] geanmartins002@gmail.com, Graduando do curso de Produção Industrial da Fatec de Sertãozinho
[II] eng.richard.nunes@gmail.com, Docente do curso de Produção Industrial da Fatec de Sertãozinho
[III] rit_nunes@hotmail.com, Docente do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE



1 INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo introduzir o conceito de Manufatura Aditiva e aprofundar a relevância do conceito de Manufatura Aditiva, mais conhecida como impressão 3D e mostrar solução para algumas falhas comuns no intuito de colaborar com o sucesso na utilização da tecnologia por usuários com pouca experiência.

Esta tecnologia está revolucionando os processos de fabricação devido à sua flexibilidade para a produção e pela sua versatilidade de materiais utilizados. Essa tecnologia permite criar objetos únicos, eliminar perdas, otimizar processos, gerando benefícios para diversas aplicações, através da sobreposição progressiva de um determinado material, tendo como base um modelo digital. A escolha do tema se deve à importância que a impressão 3D está tendo e aumentando atualmente em várias áreas produtivas: na engenharia, na medicina e na aeroespacial.

A Impressão 3D iniciou com a criação de protótipos, que é uma das etapas do procedimento de um projeto. Com a impressão 3D, já é possível a construção de casas, peças automobilísticas, fabricação de próteses em 3 dimensões com grande agilidade e precisão. Essas são apenas algumas das áreas que já vêm sendo beneficiadas por essa tecnologia.

O processo de impressão 3D é tido como um tipo de tecnologia com a tendência de ser uma das principais metodologias de fabricação, devido a ser possível construir geometrias impossíveis ou até difíceis de conseguir por outros processos. Para a elaboração do presente artigo, foi realizada uma pesquisa de literatura em sites, artigos e livros, relacionados ao tema. Serão destacados neste trabalho, os principais processos de manufatura aditiva e a experiência prática de imprimir dois protótipos para analisar falhas e configurações de impressão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É notável a percepção dos avanços na área tecnológica, novas tecnologias estão se desenvolvendo, e consequentemente, o aumento da competitividade no mercado. Então, surge uma demanda maior por produtos inovadores, exigindo que grandes empresas busquem novas tecnologias, com o objetivo de ter um aumento de produtividade, diminuição de custos e suprir a demanda de mercado.

Segundo Volpato (2017), a elevada concorrência e complexidade dos produtos, exige das empresas alterações no processo de desenvolvimento de produtos, tendo como objetivo, reduzir o tempo e aumentar a qualidade e a competitividade dos produtos.

No início da década de 1980, começa a se desenvolver um novo método de fabricação, cujo objetivo era de promover benefícios, principalmente para a área da indústria e no desenvolvimento de novos projetos. Este método se baseava na adição sucessiva de camada por camada de material (CRUMP,1992 *apud* VALENTE,2022).

Por este fato, essa nova tecnologia foi denominada de Manufatura Aditiva.

A manufatura aditiva pode ser definida como processo que produz um objeto por meio da adição de material, de forma sucessiva, camada por camada, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D, geralmente projetado em um software CAD (VOLPATO, 2017)

A manufatura aditiva, também é conhecida como prototipagem rápida (PR), fato este, por esta tecnologia produzir protótipos, que é um modelo preliminar de um projeto, ou seja, uma amostra que vai servir como base para o desenvolvimento de um produto de forma mais



assertiva, permitindo, assim, a realização de testes e aprimoramento do produto desejado, até sua validação final. A criação de um protótipo, é uma das principais etapas do procedimento no projeto de um produto, pois possibilita uma análise da forma e funcionalidade do objeto a ser desejado que possa ser feita na fase anterior à produção por definitivo (GROOVER, 2017).

Para Volpato (2017), o objeto digital tridimensional no software CAD é dividido em camadas, curvas de nível paralelas ao plano da mesa de impressão geradas como várias fatias. Estas camadas serão processadas de forma sequencial, gerando a peça física através do empilhamento e aderência das mesmas, dando início à peça e indo até o topo da mesma, originando a peça final. Nos tempos atuais, a manufatura aditiva, é basicamente conhecida como impressão 3D, principalmente nos âmbitos empresarial e industrial.

De acordo com (SILVA,2008 *apud* VALENTE,2022), o plástico é considerado como um dos materiais mais utilizado na tecnologia de impressão 3D, pelo fato de ser um polímero fácil de se manipular.

A história do desenvolvimento da tecnologia por impressão 3D, está baseada em várias tecnologias viabilizadoras, que incluem circuitos integrados, computadores, expressão gráfica por computador, o projeto assistido por computador e a impressão a laser ou jato de tinta. Sem tais tecnologias, o processo por impressão 3D, não seria uma técnica viável (GROOVER, 2017).

Os primeiros trabalhos envolvendo o método por impressão como uma área técnica identificável, foram nos anos de 1980, quando patentes, que se trata de uma concessão pública, conferida pelo estado, garantindo ao seu titular o direito exclusivo de explorar comercialmente a sua criação, foram requeridas por pesquisadores no Japão, entre eles o pesquisador Hideo Kodama. Essas patentes tinham como ideia, construir um objeto tridimensional adicionando uma sequência de camadas, uma sobre a outra. A ideia de Kodama era de fazer uma impressão tridimensional, sendo inspirada pela tecnologia de polímero foto endurecido. Para desenvolver o modelo, Kodama utilizou luz ultravioleta, para endurecer polímeros fotossensíveis para obter o objeto de forma tridimensional, mas essa sua tecnologia não chegou a ser comercializada (SCHOTTE,2019 *apud* ARAÚJO, 2021).

Em 1984, funcionava a primeira impressora 3D, baseada na patente requerida pelo inventor Charles Hull, tal patente resultou no desenvolvimento comercial da estereolitografia (SL), cuja tecnologia foi a percussora da impressão 3D. Com a tecnologia de estereolitografia, houve o surgimento da empresa 3D Systems, Inc (GROOVER, 2017).

Segundo Groover (2017), a estereolitografia, é uma tecnologia de impressão 3D, sendo usada na fabricação de protótipos e peças de produção em camada por camada utilizando arquivos STL, que são os principais tipos de arquivos de modelos 3D utilizados durante o processo de impressão, Charles Hull, foi o precursor destes arquivos.

A impressão 3D apresenta facilidade de automatização, praticamente eliminando a necessidade de um operador durante o processo, sendo necessário apenas na preparação do equipamento, e no final do processo, na retirada e na limpeza da peça produzida. Isso ocorre porque a impressora tem uma sequência de comandos previamente definidos a partir do modelo 3D do início ao fim da impressão (VOLPATO, 2017).

De acordo com Volpato (2017), as tecnologias envolvendo impressão 3D, tornaram-se possíveis pela integração de processos tradicionais de manufatura, entre eles a metalurgia do pó, a extrusão, soldagem e a usinagem CNC, com outras tecnologias, como, controles de



movimento de alta precisão, sistemas de impressão a jato de tinta, tecnologias laser, feixe de elétrons e pelo desenvolvimento de materiais adequados a cada um destes processos.

2.1 Os processos de Impressão 3D baseados em líquido

Neste processo, temos como matéria-prima utilizada, um polímero líquido. A estereolitografia é tida como a principal tecnologia presente nesse processo (GROOVER, 2017).

Para Hotza, 2009 *apud* Valente (2022), no processo baseado em líquido, a plataforma encontra-se no interior de um recipiente, que é submersa por uma resina epóxi ou acrílica liquida. Ao ser energizado, o líquido se solidifica formando a primeira camada, durante esse momento, a plataforma desce permitindo que o laser seja executado novamente. Dessa forma é desenvolvido o desenho em 3D.

Segundo Groover (2017), em relação ao processo baseado em líquido, as tecnologias envolvidas são; A estereolitografia (SLA) e impressão a jato de tinta (IJP)-plyjet.

Para Martins (2005), a estereolitografia é tida como um processo em que objetos tridimensionais podem ser fabricados através da foto-polimerização de uma resina pela incidência de luz ultravioleta. Tal processo foi criado no ano de 1988 pela empresa norte-americana 3D Systems, cuja empresa, desenvolveu o primeiro sistema de prototipagem rápida. Na estereolitografia, o processo de fabricação de uma peça sólida de plástico é construído a partir de um polímero líquido fotossensível utilizando um feixe direto de laser para solidificar o polímero. A construção da peça é feita em uma série de camadas, na qual cada camada é adicionada sobre a camada anterior, construindo de forma gradualmente a geometria tridimensional da peça desejada. A estereolitografia é considerada um dos métodos de impressão mais utilizados (GROOVER, 2017).

A tecnologia de impressão a jato de tinta (IJP), ou polyjet (photopolymer jetting), foi fundada em 1998 pela empresa Objet Geometries Ltd. O princípio desta tecnologia está baseado em utilizar um sistema tipo jato de tinta que irá depositar a resina em pequenas gotas sobre uma base elevatória e, após essa deposição, é lançada uma luz ultravioleta para a cura da camada (ABREU, 2015). Para Martins (2005), no processo de fabricação de um objeto utilizando a polyjet, um cabeçote desliza em um eixo x, em que é lançada uma fina camada de líquido foto-polímero, de maneira para frente e para trás. Quando uma camada é acabada, os bulbos de raios ultravioleta (UV) são lançados sobre cada camada e subsequentemente endurecendo cada camada.

2.2 Os processos de Impressão 3D baseados em pó

Processo, que é também chamado pelo nome de Fusão em leito de pó (Power Bed Fusion-PBF), cuja característica deste processo é o fato de ser operado em um leito de material em pó. Dois processos importantes que estão envolvidos nessa categoria são a sinterização seletiva a laser (SLS) e a impressão 3D (GROOVER, 2017).

No processo de fusão em leito de pó, as peças são produzidas utilizando uma fonte de energia, que pode ser o laser ou feixe de elétrons, que irá fundir o pó, camada por camada. Este processo pode ser aplicado tanto em polímeros, como também em metais. As principais variações do processo baseado em pó, estão ligadas às fontes de energia para que o pó seja



fundido e os materiais que serão utilizados no processo (REDWOOD *et al*., 2017 *apud* ARAÚJO, 2021).

A PBF é uma das sete categorias de manufatura aditiva, na qual as peças são formadas por meio da adição, camada a camada. Para se criar um projeto de determinada peça, o processo passa por softwares CAD (Computer Aided Desing), passando depois para softwares CAM (Computer Aided Manufacturing), onde o primeiro vai gerar o desenho da peça e o último divide a peça em várias camadas e gera um código que guiará as ações que a impressora deverá seguir para construir o modelo. A fusão em leito de pó, para criação de objetos, existe várias formas de ser usado, mas suas principais aplicações se encontram na indústria. Sendo uma tecnologia muito atrativa, principalmente para a indústria em geral, pois traz consigo, enormes benefícios em comparação aos processos tradicionais. Os setores; ortopédico, aeroespacial e indústria automotiva, são setores onde já se aplicam o uso dessa tecnologia. Para quem deseja utilizar os serviços de impressão 3D, o processo de PBF possibilita a criação de diversos projetos, tendo um custo/ benefício atrativo, que proporciona liberdade de criação e design para seus usuários (MAHA 3D, 2022).

Na sinterização seletiva a laser (Selective laser sintering – SLS), se utiliza um feixe de laser que se move para sinterizar pós fusíveis por calor nas áreas correspondentes ao modelo em CAD, de maneira uma camada por vez, construindo assim a peça sólida. Os pós são preaquecidos até um pouco abaixo de seu ponto de fusão, de maneira que vai facilitar a ligação e reduzir a distorção do produto acabado. O processo de sinterização seletiva a laser, geralmente é realizado em um compartimento preenchido com nitrogênio de forma que minimiza a degradação dos pós que poderiam ser susceptíveis ao processo de oxidação, por exemplo, metais (GROOVER, 2017).

De acordo com Martins (2005), esta tecnologia de SLS, foi desenvolvida e panteada no Texas (EUA), tal tecnologia foi comercializada pela empresa DTM Corporation fundada em 1987. Comparada a outros processos, a (SLS) se destaca pela diversidade de materiais que podem ser processados por ela, sendo que qualquer material que possa ser transformado em pó, pode ser empregado na tecnologia de sinterização seletiva a laser. Segundo Groover (2017), comparada a estereolitografia, a sinterização seletiva a laser, em termos de materiais de trabalho, é considerada um processo mais versátil, isso porque, enquanto a estereolitografia se limita aos foto polímeros líquidos, a sinterização seletiva a laser inclui materiais como os polímeros, metais, e cerâmicos, que em geral são materiais mais baratos do que as resinas fotossensíveis.

A tecnologia 3DP (three – dimensional printing) constrói peças utilizando uma impressora jato de tinta para ejetar material adesivo de ligação entre sucessivas camadas de pó. O ligante é depositado em áreas que corresponde às seções transversais da peça sólida, conforme o modelo CAD. O ligante une os pós para formar a peça sólida, os pós que não se unem permanecem soltos para serem removidos mais tarde. Enquanto os pós soltos estão sendo aplicados no processo de construção, eles servem para suportar características salientes e frágeis da peça. Depois de completo o processo de construção, os pós soltos são removidos.

A peça é construída sobre uma plataforma em que, cujo nível é controlado por um pistão (GROOVER, 2017). Para Abreu (2015), a criação da peça, se dá pela distribuição de uma camada de pó sobre a superfície de trabalho, o ligante líquido será depositado nessa camada, por intermédio de jatos, sobre os pontos correspondentes ao corte local da peça. Para que seja feita essa distribuição, são utilizadas cabeças de impressão idênticas às utilizadas por impressoras de jato de tinta, o processo é repetido camada por camada, até a obtenção



completa da peça seja obtida. A matéria-prima utilizada na 3DP pode ser composta de pós de cerâmica, metálicos ou cermetos, ligantes poliméricos, sílica coloidal e carboneto de silício (GROOVER, 2017).

2.3 Os processos de Impressão 3D baseados em sólido

Para Groover (2017), este processo também conhecido como processo com material fundido, envolve duas tecnologias de grande importância para o processo de impressão, são elas; Modelagem por deposição de material fundido (FDM) e a Manufatura de objetos em lâminas (LOM).

A impressão FDM é um processo de impressão em que um filamento de cera ou podendo ser também um polímero termoplástico é extrudado sobre a superfície de uma peça existente a partir de um cabeçote onde será criada cada camada do material desejado. Este cabeçote é controlado num plano horizontal x-y durante cada camada e se move para cima com uma distância igual a uma camada na direção vertical z. Esta tecnologia utiliza um filamento com diâmetro 1,75mm, enrolado em uma bobina, alimentando a extrusora que o aquece acima da temperatura de fusão para extrudá-lo na superfície do objeto (GROOVER, 2017).

De acordo com Abreu (2015), a FDM tem por vantagem o fato de permitir produção de componentes funcionais e permitindo o uso de dois materiais de forma simultânea, sendo estes compatíveis entre si. Para Volpato (2017), uma desvantagem do processo de FDM, é o fato dele não ter uma precisão alta, velocidade do processo lento e produção limitada.

O processo de FDM foi desenvolvido pela empresa Stratasys Inc, que teve sua primeira máquina vendida na década de 1990. Na tecnologia FDM, entre as matérias – primas utilizadas, destacam-se as resinas termoplásticas ABS e PLA, que são as mais adequadas para este processo (GROOVER, 2017).

Segundo Abreu (2015), a resina ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) é um tipo de resina muito utilizada no processo por FDM, pela sua facilidade de extrusão em altas temperaturas. A ABS trata-se de um copolímero composto pela combinação de acrilonitrila, butadieno e estireno, que são monômeros, que quando submetidos a uma determinada temperatura, pode ser moldado com maior facilidade.

Para Pelegrino *et al*. (2019), o ABS é um polímero bem comum na área da indústria e bem presente no dia adia, sendo aplicado na produção de brinquedos, telefones e também em bens de consumo.

O ácido polilático (PLA) foi desenvolvido para a criação de peças que necessitam de uma alta resistência e rigidez (3D FILA, 2022)

É um polímero termoplástico derivado de fontes naturais como o amido de milho e da cana de açúcar, por essa pode ser chamado também de bioplástico. O PLA se destaca no mercado por ser um dos materiais mais fáceis para se utilizar na impressão 3D. Este tipo de resina garante bons resultados para as peças fabricadas com sua utilização.

Segundo Abreu (2015), por apresentar propriedades biodegradáveis, o PLA vem passando por uma grande evolução por parte da indústria, por apresentar boas características. Uma destas características é ser fácil de imprimir e ser usado em qualquer impressora, podendo ser aberta ou fechada. Outra vantagem é possuir boa aderência na mesa de impressão. Também possui elevada dureza superficial e confere um bom brilho na superfície.



De acordo com Groover (2017), o processo de fabricação por deposição em gotas - DDM (Droplet Deposition Manufacturing) se dá fundindo a matéria-prima e atirando pequenas gotas sobre uma camada que está previamente sendo formada. O termo fabricação por deposição se refere ao fato de pequenas partículas de material são depositadas e projetadas do bocal de trabalho.

As gotas liquidas resfriam e se fundem na superfície formando uma nova camada. A deposição destas gotas para cada nova camada é controlada por um cabeçote de pulverização móvel em eixo x-y que opera em modo de ponto, no qual a trajetória se baseia na seção transversal do modelo geométrico CAD, este que foi fatiado em camadas. Depois de cada camada ter sido aplicada, a plataforma em que a peça se encontra depositada desce até a distância correspondente à espessura da camada na preparação para a próxima camada a ser formada. Os materiais utilizados em DDM incluem ceras e materiais termoplásticos. Ressaltando que metais com baixo ponto de fusão, como o estanho e o alumínio, também vem sendo testados neste processo.

A manufatura de objetos em lâminas (laminated- object manufacturing – LOM) produzem modelos físicos sólidos, por meio do empilhamento de camadas de chapas ou folhas que são cortadas com no formato da seção transversal da camada do objeto.

Essas camadas são empilhadas de forma sequencial e unidas uma sobre a outra para produzir a peça. As matérias-primas utilizadas no processo de LOM incluem papel, papelão e plástico na forma de lâminas ou placas. No processo de LOM, durante a fase de preparação dos dados, o modelo geométrico é fatiado utilizando arquivo STL da peça. A tecnologia LOM, tem como característica, em comparação com outras tecnologias de impressão, a capacidade de construir peças grandes. A empresa Helisys Inc. foi a primeira a oferecer os sistemas de manufatura de objetos em lâminas (GROOVER, 2017).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram estudados artigos, livros e sites para a apresentação da tecnologia de impressão 3D e escolheu-se uma impressora acessível, a Creality Ender 3, que é um dos modelos mais vendidos. Seu custo é da ordem de R$ 1500,00, fato que facilita a disseminação da tecnologia para iniciantes na impressão 3D. Foram escolhidos dois protótipos para demonstram algumas das falhas mais comuns e soluções para elas, facilitando o ganho de experiência de iniciantes.

Para realização dos testes práticos foram projetados dois protótipos. O primeiro protótipo é um objeto importante e bastante conhecido, pois é utilizado na norma de desenho técnico ABNT: NBR 10067, aparecendo na página 2 da norma e utilizado como referência para o ensino das vistas ortogonais. Este objeto foi escolhido para demonstração de vários tipos de falhas que podem ocorrer na impressão 3D FDM e como evitá-las. O segundo protótipo foi desenvolvido para ser um suporte de smartphone minimalista. Este suporte foi escolhido por ter uma função prática e, também, pela necessidade de suportar o peso do smartphone sem quebrar. Assim, o segundo protótipo foi impresso de duas maneiras diferentes para avaliar qual das duas apresentaria melhor resistência mecânica.

Na Figura 1 pode-se visualizar a impressora 3D utilizada nos testes, vários objetos e impressões realizadas com ela.

Figura 1 – Impressora 3D utilizada nos testes e várias impressões realizadas

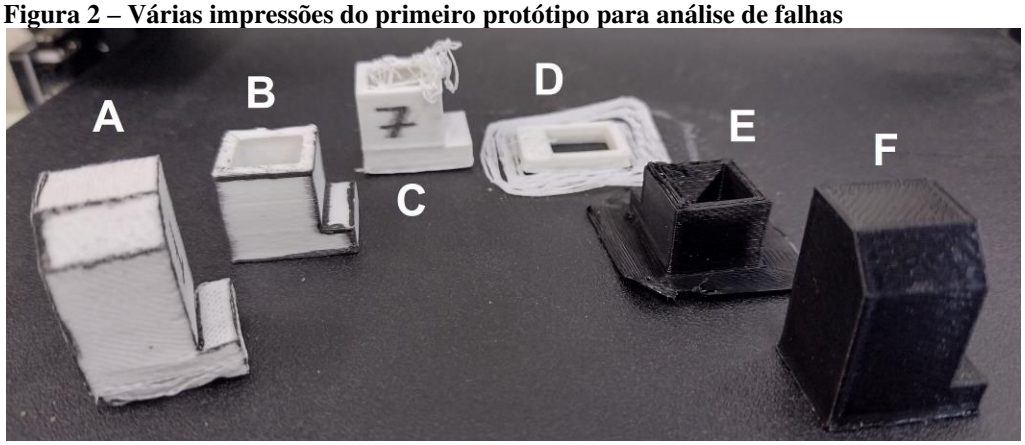


Fonte: fotografada pelos autores (2022)

Na Figura 2, pode-se visualizar o primeiro protótipo, na forma de suas várias impressões e vários tipos de falhas. Na Figura 3, pode ser visto o segundo protótipo, na forma de 3 diferentes impressões, permitindo perceber a diferença de resistência mecânica a partir da posição da peça na mesa da impressora durante a impressão 3D FDM, como será visto mais adiante.

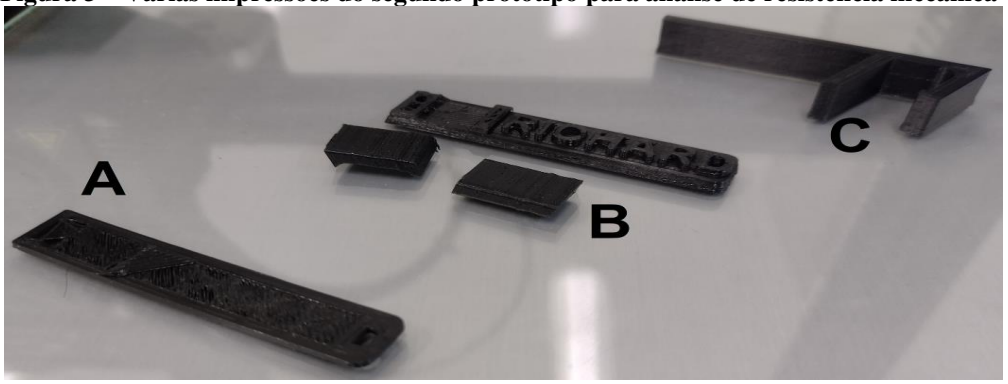
As várias impressões serão comentadas na próxima seção.

Figura 2 – Várias impressões do primeiro protótipo para análise de falhas



Fonte: fotografada pelos autores (2022)

Figura 3 – Várias impressões do segundo protótipo para análise de resistência mecânica



Fonte: fotografada pelos autores (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados nos quadros 1 e 2.

Vale salientar, a dificuldade de encontrar estudos apontando os tipos de falhas apresentados aqui. De modo que foi necessário mostrar as soluções através de testes práticos.

As falhas mais frequentes foram de falta de aderência da peça na mesa de impressão e a causa principal foi a baixa temperatura da mesa, sendo os melhores resultados alcançados com temperatura de 70°C ou até 75°C.

Também foi demonstrada a importância de esperar o resfriamento da mesa de impressão, bem como a peça produzida até próximo da temperatura ambiente.

A utilização de adesivo garante a aderência da primeira. Bons resultados foram obtidos com o adesivo líquido para impressão 3D, aplicado na forma de spray na mesa.

A bobina de filamento deve ser verificada antes e durante o processo para evitar enroscamento e travamento que pode causar interrupção na extrusão.

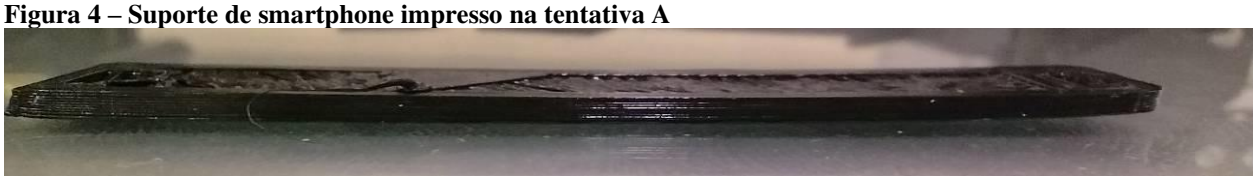
Deve-se verificar o nivelamento da mesa de impressão e folga entre extrusora e mesa. Bons resultados foram obtidos ao utilizar uma folha de sulfite como referência de folga.

Quadro 1 – Resultados de impressão do primeiro protótipo

Tentativas	Falhas e causas
Tentativa A (Figura 2)	A peça ficou frágil e se partiu ao tentar retirar da mesa de impressão. A fragilidade da peça se deve à baixa porcentagem de preenchimento de material em torno de 10%. Além disso tentou-se tirar a peça ainda com a mesa de impressão ainda aquecida.
Tentativa B (Figura 2)	A alimentação de filamento foi interrompida porque o filamento travou na bobina e a extrusora não teve força suficiente para puxar o filamento.
Tentativa C (Figura 2)	O objeto impresso se soltou da mesa de impressão durante o processo de fabricação. Uma causa provável desta falha pode ter sido baixa temperatura da mesa de impressão de 50°Ce outra causa provável pode ter sido a ausência de adesivo de impressão.
Tentativa D (Figura 2)	O objeto não aderiu adequadamente na primeira camada e foi se soltando aos poucos. Isso ocorreu pois a extrusora estava muito afastada da mesa durante a impressão da primeira camada, que pode ser percebido pelo preenchimento pobre da saia em volta da peça na primeira camada.
Tentativa E (Figura 2)	O objeto se soltou da mesa durante a impressão. Como foi utilizado adesivo líquido, conclui-se que a causa foi a temperatura baixa da mesa de impressão de 60°C.
Tentativa F (Figura 2)	Impressão correta, após terem sido solucionadas todas as causas ocorridas nas tentativas anteriores e utilizada temperatura de impressão de 70°C.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 4 – Suporte de smartphone impresso na tentativa A



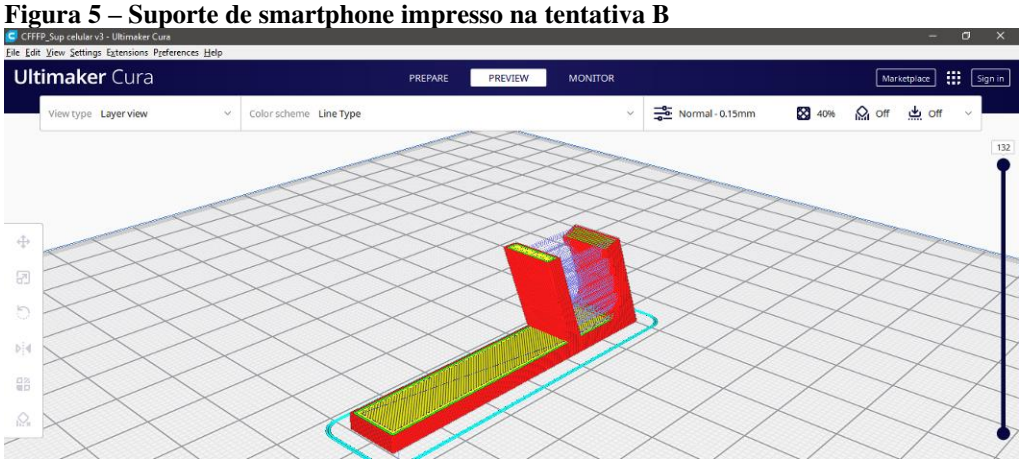
Fonte: fotografada pelos autores (2022)

Quadro 2 – Resultados de impressão do segundo protótipo

Tentativas	Falhas e causas
Tentativa A (Figura 3 e 4)	A peça empenou, pois não aderiu suficientemente na mesa de impressão. A causa foi a baixa temperatura de impressão 60ºC.
Tentativa B (Figura 3 e 5)	A peça foi impressa corretamente, porém se rompeu facilmente quanto foi feito o teste de resistência mecânica. A causa foi a posição em que a peça foi impressa, como pode ser visto na Figura 4.
Tentativa C (Figura 3 e 6)	A peça foi impressa corretamente e apresentou elevada resistência mecânica. Isso ocorreu devido à posição em que a peça foi impressa, como pode ser visto na Figura 5.

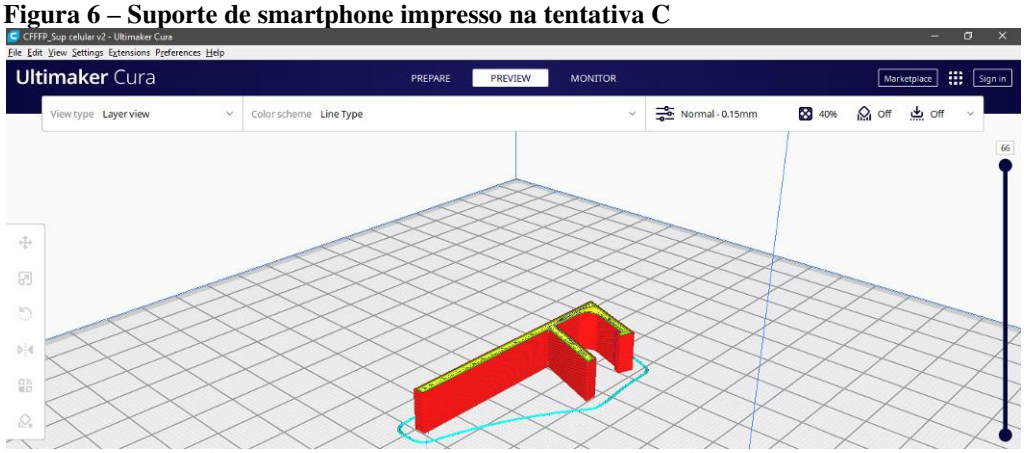
Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 5 – Suporte de smartphone impresso na tentativa B



Fonte: Captura de tela do software Ultimaker Cura, utilizado no fatiamento (2022)

Figura 6 – Suporte de smartphone impresso na tentativa C



Fonte: Captura de tela do software Ultimaker Cura, utilizado no fatiamento (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresentou-se a tecnologia e solução para várias falhas. Alguns parâmetros, como temperatura da mesa, folga entre extrusora e mesa, foram fornecidos como referência. Um pesquisador iniciante interessado na tecnologia tem aqui uma boa base para



solucionar ou evitar falhas nas primeiras impressões 3D. Os testes práticos realizados trazem através de fotos como aparentam as várias falhas, facilitando a identificação, diagnóstico e correções. No segundo protótipo mostrou-se que mesmo uma impressão bem-sucedida pode ter fragilidade mecânica e a melhoria através da disposição na mesa de impressão.

REFERÊNCIAS

ABREU, Sofia Alexandra Chaves. **Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo.** 2015. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/80019/2/36284.pdf Acesso em: 11 de mar.de 2022.

ARAÚJO, Vinicius Cavalcante. **Manufatura aditiva e suas aplicações na indústria: uma revisão de literatura.** 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/57827. Acesso em: 21 de mar. de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10067**: **Principios gerais de representacao em desenho tecnico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

GROOVER, Mikell P. **Fundamentos da moderna manufatura** : versão SI, volume 2 / Mikell P. Groover; tradução Givanildo Alves dos Santos, Luiz Claudio de Queiroz. – 5. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MAHA 3D. **Saiba o que é powder bed fusion e como essa tecnologia de manufatura aditiva funciona. 2022.** Disponível em: https://maha3d.com/saiba-o-que-e-powder-bed-fusion-e-como-essa-tecnologia-de-manufatura-aditiva-funciona**/**. Acesso em: 26 ago. 2022.

MARTINS, José Roberto. **Manufatura rápida – avalição das tecnologias de impressão 3D e FDM na fabricação de moldes rápidos.** 2005. Disponível em: http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/1114 Acesso em: 29 mar. 2022.

3D FILA. **Filamento PLA**. 2022. Disponível em: https://3dfila.com.br/shop/filamento-para-impressora-3d/filamento-pla/. Acesso em: 26 ago. 2022.

PELEGRINO, A. N.; MONTEIRO, C. K.; MIKOLAYCZYK, K. R.; SANTOS, A. M. dos. **Comparação de Direção de Impressão 3D em ABS e PLA Produzidos pelo Método FDM.** Memorial TCC caderno da graduação. V. 5, n. 1, p. 239-260, 2019. Disponível em: https://cadernotcc.fae.edu/cadernotcc/article/view/270. Acesso em: 06 mar. 2022.

VALENTE, Ricardo Lago. **Influência dos parâmetros de impressão 3D na resistência à flexão de corpos de prova impressos em ácido poli lático (PLA) utilizando modelagem por fusão e deposição (FDM).** 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23773/RICARDO%20LAGO%20VALENTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 27 mar. 2022.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2017.