

## **MANUFATURA ADITIVA:**

### **Um Estudo de Caso em uma Empresa no Interior de São Paulo**

**Ana Caroline Peliciari Simon**

*acaroline.simon@gmail.com*

**Aletéia Cordeiro Leal**

*aleteia@yahoo.com.br*

**Palavras-chave:** Revolução Industrial. Indústria 4.0. Manufatura Aditiva. Impressão.

## **1. INTRODUÇÃO**

Em um cenário mundial de alta concorrência e crescente complexidade dos produtos, faz-se necessário reduzir o tempo de produção e aumentar a qualidade e competitividade dos produtos. Com foco sempre em atender às necessidades dos clientes, alterações podem envolver “tanto aspectos de gestão desse processo como também o emprego de novas técnicas e ferramentas para o projeto, análise, simulação e otimização de componentes e sistemas desse produto” (VOLPATO, 2017, p. 15).

É nesse cenário que surge a revolução industrial conhecida como indústria 4.0. Com o intuito de criar uma produção industrial mais flexível e automatizada, o ciclo industrial passa a se basear em sistemas digitais complexos que objetivam a integração em rede e automatização de processos. A Manufatura Aditiva (MA ou AM) se enquadra entre um dos nove pilares da quarta revolução industrial.

Segundo Carvalho e Volpato (2017, p. 16), “A AM pode ser definida como um processo de fabricação por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, com informações obtidas diretamente de uma representação geométrica computacional 3D do componente”. A

imagem a seguir representa como é feito o fatiamento da representação geométrica durante a etapa de planejamento do processo e, em seguida, o processo é feito por adição de camadas:

**Figura 1 – Fatiamento de representação geométrica**



Fonte: VOLPATO, 2017

O Software fatiador converte o modelo em uma série de camadas finas e produz um arquivo em código, o qual será responsável pelas instruções da boca de extrusão. Ao final do processamento, o código (G-Code) será importado para a impressora e dará início a impressão do objeto físico.

O nível de adoção de novas tecnologias e de um cenário de inserção de Indústria 4.0 e MA em uma empresa variam, no entanto, de acordo com algumas características da empresa, como o desejo de inovação, regulamentação e oportunidade de risco. Segundo Almeida (2021, p. 15):

O primeiro nível de adoção, prototipagem rápida e o emprego em ferramentais, pode ser o investimento inicial para a maioria das empresas. No segundo nível, as peças podem deixar de ser produzidas por processos tradicionais e passarem a ser produzidos por MA. Isso pode eliminar etapas de produção e tornar a produção mais ágil. Nesse nível ainda não há modificações significativas no projeto das peças, apenas o processo de fabricação é alterado (SAUNDERS, 2018). O terceiro nível, Consolidação de peças, é o primeiro no qual as peças são modificadas e as vantagens do processo de MA aproveitadas, tais como, construir formas complexas, mais leves e com a possibilidade de pequenas customizações, além de substituir várias peças por uma única. O quarto e último nível, Design para MA (Design for AM - 15 DfAM) otimizado, representa o máximo aproveitamento da tecnologia, de forma que tudo pode ser aprimorado, como modificações de

topologia para tornar a peça mais leve, aumento de áreas superficiais e transferência de calor para trabalhar com materiais resistentes mecanicamente, permitindo a customização em massa sem aumento de custo e tempo (SAUNDERS, 2019). Cabe a cada empresa identificar em que estágio se enquadra, ou deseja atingir.

Por se mostrar um produto que se torna cada vez mais disruptivo, em um nível inicial de adoção o produto pode já trazer diversos benefícios, mas, quanto maior for essa adoção na empresa, maiores são os níveis de comprometimento e maturidade exigidos da organização.

### **1.1. Pergunta Problema e Objetivos**

A presente pesquisa tem o objetivo de estudar a implementação da Manufatura Aditiva na empresa “M”, localizada no interior do estado de São Paulo. A presente pesquisa busca responder a questão de como a Manufatura Aditiva pode contribuir para uma indústria metalúrgica. Além disso, objetiva também analisar como a tecnologia pode ser aplicada a uma indústria.

### **1.2 Justificativa**

A “Empresa M”, foco do estudo desta pesquisa, é uma empresa localizada no interior de São Paulo e que atua no ramo de metalurgia, e é, desta forma, responsável pelo desenvolvimento e fabricação de metais para o ramo calçadista, de confecção e de bijuterias, como na imagem a seguir:

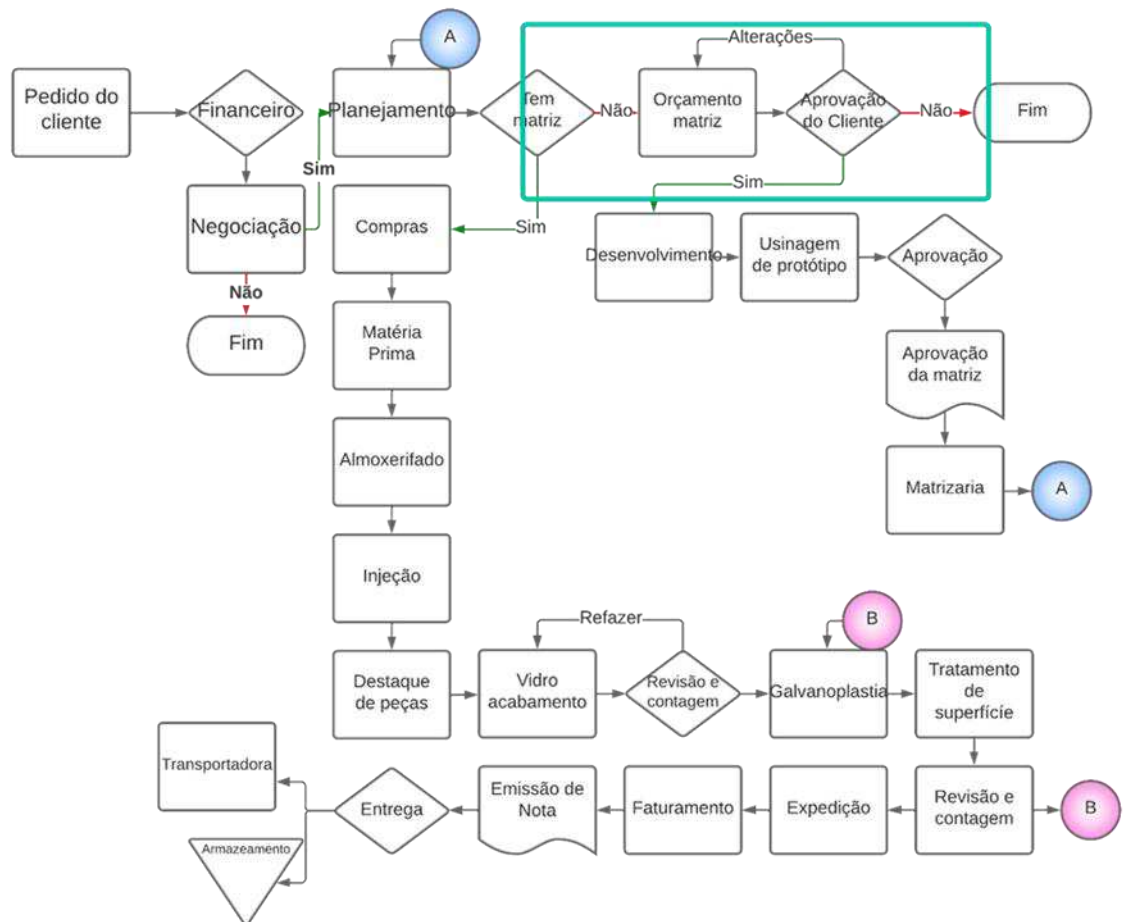
**FIGURA 02 - PEÇAS**



**Fonte: Próprio Autor**

O material base para a produção de tais peças e acessórios é a liga Zamac, composta por quatro componentes metálicos básicos: Alumínio (Al), Cobre (Cu), Magnésio (Mg) e Zinco (Z). Segundo RICK (2006), o Zamac é um material amplamente utilizado na área de joalheria e possui como propriedade final um material leve, resistente, com baixa temperatura de fusão (~385°C) e de fácil usinagem. Uma vez que pode haver variação das porcentagens de cada elemento a ser adicionado, pode haver variação nas propriedades do produto final obtido.

IMAGEM 03 - FLUXOGRAMA DA EMPRESA M



Fonte: Próprio autor

Uma dificuldade enfrentada pela empresa é o momento de criação do design da matriz. O layout da peça é feito por meio de softwares pelos designers da empresa e todas as medidas são enviadas junto com fotos para os clientes. No entanto, por ser algo virtual, muitas vezes os clientes não conseguem ter uma visualização da peça e, por isso, a etapa de “Aprovação do Cliente” e “Orçamento de Matriz” é refeita várias vezes. Quando as peças são produzidas, mas não são aceitas pelos clientes, devem ser refeitas. Uma possível implementação inicial da Manufatura Aditiva poderia ser em forma de protótipo não funcional servir como um modelo de apresentação para os clientes antes de enviar o projeto para produção. Uma vez que a empresa em questão não tem aplicação nenhuma de impressão 3D, a implantação como

prototipagem rápida mostra-se uma boa opção para o primeiro nível de adoção da tecnologia na empresa, sendo um investimento inicial mais baixo.

## **2. METODOLOGIA**

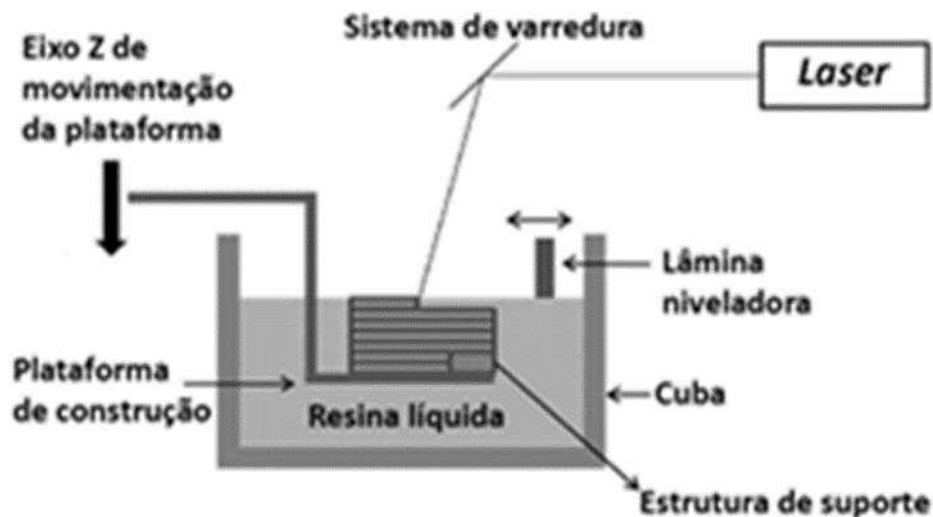
Segundo Miguel (2007, p. 04), “O Estudo de Caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real da vida”. Segundo YIN (2005, p. 15), existem questões cujas respostas auxiliam o pesquisador a elencar a vantagens específicas do método. No caso do Estudo de caso, segundo o autor, são relevantes questões de “como” ou “por que” que são feitas sobre o objeto; estudo relativos à objetos contemporâneos; e quando o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre a situação a ser pesquisada.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A impressão 3D é uma tecnologia que pode auxiliar muito empresas e trazer inovações, bem como a redução de custos e diminuição de retrabalho. O método de Fotopolimerização em Cuba é amplamente utilizado em indústrias com foco em protótipos físicos e por isso será alvo do estudo para aplicação da tecnologia na Empresa “M”

O método Fotopolimerização em Cuba, baseia-se na construção da peça a partir de resinas poliméricas em estado líquido. A resina passa por um processo de solidificação por meio da irradiação de uma fonte de luz ultravioleta (UV) ou visível, de forma que esse processo ocorra dentro de uma cuba ou em cima de uma bandeja (um reservatório), onde a resina passará pelo processo de solidificação por meio da energia da luz. O processo pode ser observado na imagem a seguir:

IMAGEM 11 - FOTOPOLIMERIZAÇÃO EM CUBA



Fonte: VOLPATO, 2017

Os materiais disponíveis no mercado atualmente para os diferentes equipamentos de impressão 3D que são baseados nos princípios de fotopolimerização em cuba são resinas a base de acrilatos (acrílica) e epóxi.

Em relação aos custos de produção, a inserção de impressão 3D para prototipagem em uma empresa envolve vários custos. Os principais custos a serem considerados são: Custo da Impressora 3D, Custo de Materiais, Custos de Manutenção, Custos de Energia e Consumíveis, Custo de Treinamento e Pessoal, Custo de Software (CAD e Fatiador, Custo de Pós-Processamento, Custos de Espaço e Custos de Testes.

A utilização de modelos de fotopolimerização em cuba para prototipagem é uma estratégia poderosa na apresentação de produtos aos clientes antes do momento de produção em larga escala. Essa abordagem não apenas agiliza o processo de design, mas também aprimora a comunicação com os clientes, permitindo a eles visualizarem e compreender de maneira mais precisa o produto. Ao introduzir a tecnologia de impressão 3D na fase inicial do processo, a empresa poderia superar os desafios de comunicação e visualização, proporcionando aos clientes protótipos físicos completos para avaliação antes da produção em

larga escala. Isso permitiria a identificação precoce de falhas no design e ajustes necessários, evitando retrabalho e desperdício de recursos.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de modelos de fotopolimerização em cuba para prototipagem oferece uma abordagem eficaz e moderna na apresentação de produtos aos clientes antes da produção. A compreensão dos diferentes modelos, seus custos associados e a capacitação adequada da equipe são cruciais para aproveitar ao máximo essa tecnologia.

Como próximos passos para o projeto, faz-se necessário elencar o tempo de produção atual e com a impressora 3D, a fim de criar comparativos. Podem ser desenvolvidos também outros métodos de implementação da tecnologia, como no momento de criação de moldes e matrizes ou das próprias peças em Manufatura Aditiva.

#### **REFERÊNCIAS**

- ALMEIDA, J. F. Adoção de Manufatura Aditiva (MA) para Metais em Empresas: Identificação de Barreiras e Propostas de Roteiro para implementação. Orientador: Reginaldo Teixeira Coelho. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-23082021-180414/publico/DissertAlmeidaJuliaFornazierodeCorrig.pdf>. Acesso em: fev. 2023
- ARBIX, Glauco et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. Novos estudos CEBRAP, v. 36, p. 29-49, 2017.
- DIAS, J. A. Projeto Integrador. Estudo de Caso na Empresa M. Relatório de Pesquisa.
- MILEWSKI, J. O. Additive Manufacturing of Metals: From Fundamental Technology to Rocket Nozzles, Medical Implants, and Custom Jewelry. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 258
- RICK, C. F. Estudo da Liga à Base de Zn-Al-Cu-Mg- Aplicada na Fabricação de Jóias Folhadas. Dissertação para obtenção do título de mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Porto Alegre, julho de 2006. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3233/1/383030.pdf>. Acesso em: fev. 2023.
- SACOMANO, José Benedito et al. Indústria 4.0. Editora Blucher, 2018.
- THOMAS-SEALE, L. E. J. et al. The barriers to the progression of additive manufacture: Perspectives from UK industry. International Journal of Production Economics, v. 198, p. 104–118, 1 abr. 2018.



VOLPATO, Neri. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. Editora Blucher, 2021.

YIN, R. K. Estudo de caso planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2005