



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO



TÍTULO

Manufatura aditiva(impressão 3D) de ligas metálicas para aplicação industriais

AUTOR

Albert Allan Miguel da Silva



INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

Problema e pergunta, tema

Quais são os metais que podemos baratear e manter o mesmo desempenho com fabricação?

Introdução/Justificativa

A manufatura aditiva (MA), especialmente a impressão 3D com ligas metálicas, tem se destacado como uma tecnologia estratégica na transformação dos processos produtivos da indústria contemporânea. Alinhada aos princípios da Indústria 4.0, a MA permite a fabricação direta de peças com geometrias complexas, personalização sob demanda e redução de desperdícios, promovendo ganhos significativos em desempenho e eficiência (Gomes; Wiltgen, 2020).

Nesse contexto, a presente pesquisa busca responder à seguinte pergunta de investigação: como a produção de peças substitutas em metais, por meio da impressão 3D, pode acelerar e otimizar os processos de fabricação industrial? Parte-se da hipótese de que o uso de ligas metálicas alternativas de menor custo, mas com propriedades mecânicas semelhantes às ligas tradicionais, pode ampliar a aplicação da impressão 3D na reposição de peças industriais, otimizando o tempo de resposta, reduzindo custos operacionais e mantendo altos padrões de desempenho estrutural.

O objetivo geral deste estudo é avaliar o potencial da impressão 3D com ligas metálicas na produção ágil de peças industriais de alto desempenho. Os objetivos específicos são:

Realizar um levantamento comparativo das ligas metálicas viáveis para impressão 3D, com foco em custo-benefício e propriedades mecânicas;

Analisar diferentes designs estruturais otimizados para impressão e aplicação funcional em ambiente industrial.

A relevância científica do tema reside no avanço do conhecimento sobre novos materiais e estratégias de fabricação digital. Ålgårdh et al. (2017) apontam que a impressão 3D em metais exige



o domínio de variáveis críticas, como a microestrutura das ligas, o controle térmico do processo e a padronização dos testes de desempenho. Nessa mesma linha, Wiltgen (2019) ressalta o uso crescente de tecnologias como Selective Laser Melting (SLM) e Electron Beam Melting (EBM) por grandes empresas, como Airbus e General Electric, na produção de componentes leves, eficientes e de geometria complexa — anteriormente inviáveis por métodos convencionais.

Do ponto de vista industrial, a substituição rápida de componentes metálicos por meio da impressão 3D oferece uma solução eficaz frente a falhas logísticas e longos prazos de reposição. Segundo Kabbara e Gorelik (2016), a certificação de peças metálicas impressas em 3D por órgãos reguladores como a FAA (Federal Aviation Administration) e a EASA (European Union Aviation Safety Agency) comprova o amadurecimento e a confiabilidade da tecnologia.

Sob a perspectiva educacional, a pesquisa contribui para a formação de profissionais capacitados em modelagem tridimensional, simulação estrutural e controle de processos avançados — habilidades fundamentais para o novo perfil exigido pela indústria digital. Já no âmbito social e econômico, destaca-se o potencial de democratização do acesso à fabricação de peças técnicas, beneficiando empresas de pequeno porte e instituições com recursos limitados, por meio de soluções customizadas, sustentáveis e de menor custo.

Dessa forma, esta investigação justifica-se por sua contribuição técnico-científica aplicada à realidade industrial, promovendo inovações no campo da engenharia de fabricação, ao mesmo tempo em que fortalece práticas mais ágeis, sustentáveis e economicamente viáveis para diversos setores produtivos.

OBJETIVOS

GERAL:

Facilitar em fábrica peças de alto desempenho rápido.

ESPECÍFICOS:



- Como a facilidade em selecionar uma liga metálica com rapidez e precisão .
- E selecionar um designer que se encaixa com a função que melhor desempenhar.

METODOLOGIA

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem quantitativa, e será desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica. O objetivo principal é avaliar o potencial da manufatura aditiva, especificamente a impressão 3D com ligas metálicas, na substituição ágil e eficiente de componentes industriais. Para tanto, a metodologia foi delineada de modo a possibilitar a análise comparativa de materiais, processos e designs estruturais, com base em dados técnicos extraídos de fontes confiáveis e publicações científicas.

Um dos focos centrais da investigação será a identificação criteriosa de ligas metálicas adequadas, considerando propriedades mecânicas e térmicas relevantes para aplicações industriais. Adicionalmente, serão analisadas estratégias de seleção de geometrias e designs estruturais otimizados para o desempenho funcional, levando-se em conta critérios como resistência mecânica, redução de massa, facilidade de impressão e compatibilidade com o processo de fabricação. Essa abordagem visa simular, com base em estudos documentados, cenários de substituição de peças com maior rapidez, precisão e economia, em comparação com métodos convencionais.

2.1 Tipo de Pesquisa

Este estudo configura-se como uma pesquisa bibliográfica, fundamentada na coleta e análise de informações disponíveis em publicações científicas, livros especializados, dissertações, teses e



normas técnicas sobre manufatura aditiva, propriedades de ligas metálicas e processos de impressão 3D. Tal delineamento permite mapear tecnologias, materiais e práticas adotadas no setor, além de oferecer subsídios teóricos para a avaliação crítica de sua aplicabilidade.

Complementarmente, adota-se uma abordagem quantitativa, que envolve a análise estatística de dados numéricos referentes às propriedades mecânicas das ligas metálicas utilizadas na impressão 3D (como resistência à tração, dureza, densidade e condutividade térmica), bem como aos custos de produção e desempenho estrutural. Essa abordagem viabiliza a comparação objetiva entre diferentes alternativas tecnológicas, com vistas à identificação de soluções viáveis sob os critérios de desempenho técnico e custo-benefício.

2.2 Justificativa do Delineamento Metodológico

A opção pela pesquisa bibliográfica de base quantitativa justifica-se pelo caráter exploratório e comparativo do estudo. Considerando que a aplicação da impressão 3D com ligas metálicas ainda enfrenta desafios técnicos e econômicos, torna-se fundamental consolidar o conhecimento existente e confrontar dados de diferentes fontes para embasar uma análise crítica e fundamentada. O levantamento sistemático de estudos de caso, experimentos documentados e dados técnicos permitirá delinear cenários de aplicação e projetar alternativas para a otimização da produção industrial por meio da manufatura aditiva.

2.3 Universo e Amostra

Embora não se trate de uma pesquisa com aplicação direta em campo, o universo do estudo abrange o conjunto de ligas metálicas atualmente empregadas ou potencialmente viáveis para uso em



impressão 3D industrial, com ênfase nos processos SLM (Selective Laser Melting) e EBM (Electron Beam Melting). A amostra de ligas a ser analisada será definida com base na frequência de uso relatada na literatura e na disponibilidade de dados técnicos comparáveis.

Quanto aos designs estruturais, serão considerados modelos documentados em estudos acadêmicos ou relatórios técnicos que envolvam a produção de peças mecânicas sujeitas a cargas específicas, como suportes, carcaças, conexões e estruturas ocas. Os critérios de seleção incluirão o grau de complexidade geométrica, desempenho funcional e adequação ao processo de impressão.

2.4 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados será conduzida por meio de revisão sistemática da literatura, utilizando bases científicas reconhecidas, como Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, IEEE Xplore e SpringerLink. Os descritores utilizados na busca incluirão termos como “additive manufacturing”, “metal 3D printing”, “metallic alloys”, “selective laser melting”, “electron beam melting”, “mechanical properties”, entre outros. Os critérios de inclusão abrangerão publicações dos últimos dez anos, em inglês e português, com foco em estudos empíricos, revisões sistemáticas e artigos técnicos de relevância reconhecida.

Além da literatura acadêmica, serão considerados documentos normativos, relatórios técnicos de empresas do setor (como General Electric, Airbus, Siemens, entre outras), bem como guias e manuais de fabricantes de impressoras 3D industriais e fornecedores de pós metálicos.

2.5 Procedimentos de Análise de Dados



Os dados coletados serão organizados em tabelas comparativas e gráficos, permitindo a análise estatística descritiva das variáveis estudadas. Será realizada uma análise quantitativa de custo-benefício, relacionando o desempenho técnico (como resistência mecânica e durabilidade) ao custo por unidade de material e ao tempo de produção.

Também serão examinadas as tendências de aplicação por setor industrial, com base na frequência de menção em estudos de caso e na padronização de processos por grandes empresas. Quanto aos designs estruturais, serão avaliadas otimizações geométricas que busquem a redução de massa com manutenção da integridade estrutural, com base em simulações e validações descritas na literatura.

2.6 Considerações Éticas

Por tratar-se de uma pesquisa exclusivamente bibliográfica, não haverá envolvimento direto de seres humanos nem coleta de dados pessoais, o que dispensa a submissão a comitês de ética em pesquisa com seres humanos. No entanto, todas as fontes consultadas serão devidamente referenciadas, respeitando os princípios éticos da honestidade científica, integridade intelectual e respeito à propriedade acadêmica.

HABILIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

3. HABILIDADES A SEREM ADQUIRIDAS

Durante a realização desta pesquisa sobre manufatura aditiva com ligas metálicas para substituição ágil de componentes industriais, espera-se o desenvolvimento de um conjunto amplo de habilidades técnicas, científicas, acadêmicas e interpessoais. Essas competências contribuirão para a formação de um pesquisador crítico, autônomo e alinhado às exigências contemporâneas da ciência,



da indústria e da inovação tecnológica. A seguir, são detalhadas as principais habilidades a serem desenvolvidas ao longo do projeto.

3.1 Capacidades investigativas

A base do processo formativo será o fortalecimento do pensamento científico. A pesquisa bibliográfica aprofundada permitirá:

Formular hipóteses a partir de problemas reais da indústria;

Estabelecer correlações entre propriedades técnicas de ligas metálicas e seus contextos de aplicação;

Sistematizar, organizar e interpretar dados científicos relevantes;

Identificar tendências tecnológicas e propor cenários de inovação.

Essas capacidades são essenciais para a construção de análises fundamentadas, com senso crítico e rigor metodológico, ampliando a autonomia intelectual do pesquisador e sua capacidade de atuação em problemas complexos da engenharia e da ciência aplicada.

3.2 Domínio de instrumentos e técnicas de pesquisa

Durante o estudo, o pesquisador terá contato com ferramentas técnicas que são fundamentais para a prática científica, tais como:

Uso de softwares para análise estatística e organização de dados, como Excel, Minitab ou R;

Construção de fichamentos técnicos e tabelas comparativas;



Leitura crítica de propriedades mecânicas, parâmetros de impressão e desempenho estrutural de ligas metálicas;

Compreensão técnica dos processos SLM (Selective Laser Melting) e EBM (Electron Beam Melting).

Essas competências permitirão maior profundidade na análise de dados e maior rigor técnico na comparação entre materiais e designs, essenciais à proposta de avaliação da manufatura aditiva.

3.3 Comunicação científica

Outro pilar da formação será a habilidade de comunicar o conhecimento produzido, tanto em forma escrita quanto oral. A prática investigativa demandará:

Redação técnica clara e objetiva para relatórios, artigos e resumos;

Uso correto de citações, referências e normas de formatação acadêmica;

Participação em seminários e apresentações orais, desenvolvendo argumentação e oratória;

Interpretação de artigos científicos em português e inglês, promovendo o domínio da linguagem acadêmica internacional.

Essas habilidades são indispensáveis para a inserção do pesquisador na comunidade científica e também para sua atuação em ambientes técnicos e profissionais.

3.4 Postura ética e colaborativa



Mesmo sendo uma pesquisa bibliográfica, o trabalho exigirá rigor ético e disposição para o trabalho colaborativo. Serão desenvolvidas competências como:

Compromisso com a integridade na utilização de fontes;

Respeito à propriedade intelectual, com atenção à citação adequada;

Responsabilidade individual na condução das etapas da pesquisa;

Participação ativa em discussões e trocas de saber com orientadores e colegas.

A postura ética e colaborativa é hoje uma exigência tanto da academia quanto da indústria, garantindo credibilidade, cooperação e confiança nas relações de trabalho.

3.5 Autonomia e gestão de tempo

A execução do projeto exigirá organização e disciplina, o que favorecerá o desenvolvimento da autonomia do pesquisador. Ele será responsável por:

Planejar e cumprir cronogramas de leitura, análise e escrita;

Tomar decisões baseadas em evidências e critérios técnicos;

Gerenciar materiais e dados coletados com sistematização;

Lidar com imprevistos, mantendo a qualidade e os prazos do trabalho.

Essa capacidade de autogerenciamento fortalece o perfil do pesquisador como profissional proativo e preparado para conduzir projetos de forma independente.



Conclusão

Em síntese, o desenvolvimento da presente pesquisa possibilitará uma experiência formativa robusta, combinando habilidades técnicas com competências interpessoais e éticas. Ao final, o pesquisador estará mais preparado para atuar com criticidade, responsabilidade e inovação no campo da manufatura aditiva, contribuindo para o avanço da ciência, da tecnologia e da competitividade industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTINEZ, Andressa Carmo Pena; SOUZA, Douglas Lopes de; SANTOS, Denise Mônaco dos; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; CARLO, Joyce Correna; MARTINS, Marianna Auxiliadora Dias. Avaliação do comportamento mecânico dos polímeros ABS e PLA em impressão 3D visando simulação de desempenho estrutural. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 125–141, 2019. DOI: 10.11606/gtp.v14i1.148289. Disponível em: <https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/148289>. Acesso em: 24 jul. 2025.

GOMES, João Francisco Bueno; WILTGEN, Filipe. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas. *Revista Tecnologia*, [S. l.], v. 41, n. 1, 2020. DOI: 10.5020/23180730.2020.9917. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/9917>. Acesso em: 24 jul. 2025.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

4. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO (12 MESES)



Etapas da pesquisa	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Planejamento inicial	X											
Revisão bibliográfica	X	X	X									
Seleção de objetos de estudo	X	X	X									
Organização dos dados	X	X	X									
Análises quantitativas	X	X	X									
Estudo das aplicações	X	X	X									
Redação científica				X	X	X	X	X				
Discussões e ajustes				X	X	X	X					
Revisão final										X	X	X
Apresentações finais											X	



Descrição das Etapas

1. **Planejamento inicial:** alinhamento com o orientador, definição dos objetivos e estrutura do plano.
2. **Revisão bibliográfica:** leitura crítica de materiais científicos, com fichamentos e sínteses.
3. **Seleção de objetos de estudo:** escolha de ligas metálicas e modelos com base em critérios técnicos.
4. **Organização dos dados:** estruturação dos dados em planilhas e quadros comparativos.
5. **Análises quantitativas:** avaliação técnica e econômica com uso de ferramentas estatísticas.
6. **Estudo das aplicações:** contextualização em cenários industriais.
7. **Redação científica:** produção textual conforme normas e padrões científicos.
8. **Discussões e ajustes:** reuniões com o orientador para validação e refinamento.
9. **Revisão final:** formatação e consolidação dos resultados para entrega.
10. **Apresentações finais:** participação em seminários ou defesa do trabalho.