

UNAR
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAS DR. EDMUNDO ULSON
Engenharia de Produção

**O Impacto da Evolução da Manufatura Aditiva no Desenvolvimento de
Produtos na Indústria**

Bruna Fumeiro Saraiva

Araras, SP
Dezembro de 2022

UNAR
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAS DR. EDMUNDO ULSON
Engenharia de Produção

**O Impacto da Evolução da Manufatura Aditiva no Desenvolvimento de
Produtos na Indústria**

Bruna Fumeiro Saraiva

Trabalho de Conclusão de Curso referente a graduação da UNAR como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Msc. Alessandro Fernandes Caetano de Mello

Araras, SP
Dezembro de 2022

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho aos meus pais. É um testemunho de todo o investimento e dedicação que valeu a pena.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por garantir que meus objetivos fossem alcançados durante esses cinco anos de faculdade.

A minha família por me apoiar desde os primeiros minutos da minha vida.

Todos que diretamente ou indiretamente estiveram envolvidos no desenvolvimento desta pesquisa e que enriqueceram meu aprendizado, mostrando paciência e compreensão pelas falhas ao longo do caminho.

Equipe Airship do Brasil, com quem fui muito feliz em diversos momentos.

RESUMO

A manufatura aditiva, processo tecnológico inserido no conceito da Indústria 4.0, pode ter um impacto significativo na sociedade, sendo capaz de revolucionar o processo produtivo e alterar as estratégias de produção atualmente utilizadas, correspondendo em uma série de processos de produção com aplicações crescentes em várias disciplinas e cadeias de produção. No entanto, sob o termo geral de fabricação aditiva, existem várias técnicas, materiais e áreas de aplicação com diferentes requisitos. Dada a crescente importância da manufatura aditiva como um processo de produção e a necessidade de obter uma melhor visão sobre as aplicações potenciais para orientar os esforços de P&D, nesse sentido, foi realizado um estudo de caso mostrando como essa ferramenta pode ser utilizada como meio de prototipagem rápida, apontando os aspectos relevantes do potencial e sua aplicação, provando que tem um grande impacto em novos conceitos de projeto e traz mudanças suspensivas aos métodos tradicionais. Além disso, o artigo fornece uma visão geral do estado atual do desenvolvimento tecnológico e uma visão geral das variantes tecnológicas mais importantes. Os resultados apresentados servem de base para orientar iniciativas na área de manufatura não só na ADB, mas em institutos de desenvolvimento e pesquisa, bem como outras organizações, oferecendo a oportunidade de tornar a produção mais eficiente, econômica e redução de desperdício. Dado o propósito declarado, o escopo tem uma dimensão exploratória e a pesquisa foi baseada em referências de autores que tratam do mesmo assunto. Foi realizado um estudo de caso pela minha experiência dentro da organização e aplicação de um questionário afim de coletar mais detalhes sobre as características gerais da empresa e a gestão do processo de desenvolvimento de produtos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Inovação; Indústria 4.0; Desenvolvimento de Produtos; Manufatura Aditiva; Impressão 3D.

ABSTRACT

Additive manufacturing, a technological process inserted in the industry 4.0 concept, can have a significant impact on society, being able to revolutionize the production process and change the production strategies currently used, corresponding to a series of production processes with increasing applications in various disciplines and production chains. However, under the general term of additive manufacturing, there are various techniques, materials and application areas with different requirements. Given the growing importance of additive manufacturing as a production process and the need to obtain a better view of potential applications to guide P&D efforts, in this sense, a case study was carried out showing how this tool can be used as a means of rapid prototyping, pointing out the relevant aspects of the potential and its application, proving that it has a great impact on new design concepts and brings suspensive changes to traditional methods. Furthermore, the article provides an overview of the current state of technological development and an overview of the most important technological variants. The results presented serve as a basis for guiding initiatives in the manufacturing area, not only at ADB, but in development and research institutes, as well as other organizations, offering the opportunity to make production more efficient, economical and reduce waste. Given the stated purpose, the scope has an exploratory dimension, and the research was based on references from authors dealing with the same subject. A case study was carried out based on my experience within the organization and a questionnaire was applied to collect more details about the general characteristics of the company and the management of the product development process.

Keywords: Artificial Intelligence; Innovation; Industry 4.0; Product Development; Additive Manufacturing; 3D printing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hangar localizado em São Carlos -----	21
Figura 2: Logo da ADB-----	21
Figura 3: Fachada da fábrica ADB -----	22
Figura 4: Protótipo dirigível cargueiro ADB 3-30-----	27
Figura 5: Destaque aos 50 colaboradores da ADB -----	28
Figura 6: Cerimônia de inauguração da instalação -----	29
Figura 7: Categorias de projetos, produtos e serviços fornecidos pela organização ADB -----	35
Figura 8: Projeto ADB 3-15/30 -----	37
Figura 9: Projeto SAGA-----	38
Figura 10: Possibilidades de aplicação Balão-----	39
Figura 11: Gôndola Octogonal Balão-----	40
Figura 12: Balão Esférico -----	40
Figura 13: Macaco Pneumático-----	41
Figura 14: Duto Inflável -----	43
Figura 15: Balão Esférico Cativo -----	45
Figura 16: Exemplo de aérea de cobertura de eventos-----	46
Figura 17: Aplicação da barreira-----	47
Figura 18: Gomo Barreira de Contenção -----	48
Figura 19: Instalação do Equipamento-----	49
Figura 20: Visibilidade do Equipamento -----	50
Figura 21: Aeróstato-----	50
Figura 22: Ancoragem no VLA -----	51
Figura 23: Coletor de água -----	52
Figura 24: Bolsão Flexível de Armazenamento-----	53
Figura 25: Barraca inflável -----	54
Figura 26: Tenda Inflável-----	55
Figura 27: Balão Guindaste-----	56
Figura 28: Cabos de Amarramento de Cargas-----	57
Figura 29: Airbag-----	58
Figura 30: Montagem na aeronave -----	60
Figura 31: Reparo de solda em estrutura de gabarito-----	60
Figura 32: Tripulação de solo qualificada -----	61

Figura 33: Treinamento de equipe de solo-----	61
Figura 34: Fluxograma do método de pesquisa do trabalho-----	62
Figura 35: Fase de pré-desenvolvimento-----	66
Figura 36: Fase de desenvolvimento-----	66
Figura 37: Fase de pós-desenvolvimento-----	66
Figura 38: Sistema de software ERP usado na organização ADB -----	69
Figura 39: Relatórios de problemas (PR)-----	70
Figura 40: Especificação de campos de um relatório de problemas-----	70
Figura 41: Proposta de alteração (CP)-----	71
Figura 42: Especificação de campos de uma proposta de alteração-----	72
Figura 43: Ordem de mudança da engenharia (ECO) -----	72
Figura 44: Especificação de campos de uma mudança da engenharia-----	73
Figura 45: Fluxograma do estudo de caso-----	74
Figura 46: Reconhecimento de padrões inteligência artificial -----	76
Figura 47: Estrutura de desenvolvimento de produto -----	90
Figura 48: Processo de desenvolvimento de produto -----	92
Figura 49: Matriz análise SWOT na inserção de MA -----	94
Figura 50: Etapas necessárias para a fabricação por MA-----	99
Figura 51: Logo da organização Ponoko -----	100
Figura 52: Logo da organização Shapeways-----	100
Figura 53: Esquema de funcionamento da Fotopolimerização em cuba -----	104
Figura 54: Esquema do processo de jateamento de material -----	105
Figura 55: Esquema do processo de jateamento aglutinante -----	106
Figura 56: Esquema do processo FFF ou FDM-----	107
Figura 57: Esquema de processo de sinterização seletiva a laser-----	108
Figura 58: Esquema do processo de laminação de folhas metálicas-----	109
Figura 59: Esquema do processo de deposição de energia direcionada-----	109
Figura 60: Principais áreas de aplicação da manufatura aditiva-----	115
Figura 61: Fluxograma das principais tecnologias de impressão de acordo com o tipo de matéria-prima -----	119
Figura 62: Percentual de uso da impressão 3D -----	125
Figura 63: Fluxograma de impressão 3D-----	128
Figura 64: Fluxograma de simulação do custo interno-----	133
Figura 65: Fluxograma de processos físicos e virtuais para manufatura aditiva-----	139
Figura 66: Fase digital para o processo de manufatura aditiva -----	141
Figura 67: Processos produtivos mais enxutos -----	144

Figura 68: Gráfico que indica uma simulação da fase de desenvolvimento de produto

-----145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre sistemas convencionais e sistemas especialistas-----	95
Tabela 2: Classificação de processos de MA-----	110
Tabela 3: Tecnologias de MA - ISO/ASTM 52900:2015-----	111
Tabela 4: Fatores de comparação entre processos-----	111
Tabela 5: Estágios de adoção da MA e envolvimento resultante na produção-----	125
Tabela 6: Características da prototipagem rápida no Brasil-----	127
Tabela 7: Classificação matérias-primas nos principais métodos de prototipagem rápida-----	128
Tabela 8: Vantagens e oportunidades da MA-----	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABS Acrilonitrila Butadieno Estireno

ABS-PC: Acrilonitrila Butadieno Estireno Policarbonato

ADB: Airship do Brasil

AM: Additive Manufacturing- Manufatura Aditiva

AMF: Additive Manufacturing Format - Formato de Fabricação Aditiva

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil

ASA: Acrilonitrila Estireno Acrilato

ASTM: American Society for Testing and Materials - Sociedade Americana de Testes e Materiais, desenvolve e publica normas técnicas para uma ampla gama de materiais, produtos, sistemas e serviços

ATP: Advanced Turboprop - Turboélice Avançado

BI: Business Intelligence - Inteligência de Negócios

CAD: Computer Aided Design - “desenho assistido por computador”, rascunho de parte do objeto, ou do objeto completo, que depois será processado por um software para a modelagem 2D ou 3D

CAVE: Certificado de Autorização de Voo Experimental

CCM: Comissão de Controle de Modificações

CNRS: Centro Nacional Francês de Pesquisa Científica

COP: Certificado de Organização de Produção

CRM: Comissão de Revisão de Materiais

CRS: Certificate of Release to Service - Certificado de Liberação para Serviço

CP: Change Proposal - Proposta de Alteração

DFMA: Design para Fabricação e Montagem

DMLM: Direct Metal Laser Melting - Fusão Metálica Direta a Laser

DL: Deep Learning - Ramo de aprendizado de máquina baseado em um conjunto de algoritmos

ECO: Engineering Change Order - Ordem de Mudança da Engenharia

ERP: Enterprise Resource Planning - Sistema Integrado de Gestão Empresarial

ESALTA: Escola de Aviação LTA

FAR: Federal Aviation Regulation - Regulamento Federal de Aviação

FDM: Modelagem por Fusão e Deposição

FFF: Fabricação por Filamento Fundido

IA: inteligência Artificial

IoT: Internet of Things - Internet das Coisas

LTA: Lighter than Air - Tecnologia mais leve que o ar

MA: Additive Manufacturing- Manufatura Aditiva

MIL STANDARD: Military Standard - Um padrão de defesa dos Estados Unidos, usado para ajudar a alcançar os objetivos de padronização pelo departamento de defesa

ML: Machine Learning - Aprendizado de máquina: ideia de que sistemas podem aprender com dados

MRB: Material Review Board - Conselho de Revisão de Materiais

MRO: Maintenance, Repair and Operations - Manutenção, Reparos e Operações

NAS: National Aerospace Standard - Padrão Aeroespacial Nacional

PC: Policarbonato

PDP: Processo de Desenvolvimento de Produto

PE: Planejamento Estratégico

PLA: Ácido Polilático

PN: Part Number - Número da Peça

PR: Problem Report - Relatório de Problemas

PPSF: Polifenilsulfona

P&D: Pesquisa e Desenvolvimento

RBAC: Regulamento Brasileiro da Aviação Civil

RBHA: Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica

RP: Rapid Prototyping - Prototipagem Rápida

SAGA: Satélite Atmosférico de Grande Altitude

SLS: Sinterização Seletiva a Laser

SLA: Estereolitografia

SPE: Sociedade de Propósito Específico

STL: Surface Tessellation Language - Linguagem de Tesselação de Superfície

SWOT: é uma sigla para Forças (**S**trengths), Fraquezas (**W**eaknesses), Oportunidades (**O**pportunities) e Ameaças (**T**hreats)

TBL: Transportes Bertolini Ltda

TI: Information Technology - Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
OBJETIVOS.....	19
JUSTIFICATIVA	20
ESTUDO DE CASO.....	21
A EMPRESA	21
TECNOLOGIA.....	25
POLÍTICA.....	26
MISSÃO	27
VISÃO	28
RESPONSABILIDADE SOCIAL	29
SETOR AEROESPACIAL	30
ÁREA DE ATUAÇÃO	34
PROJETOS	35
DIRIGÍVEIS.....	37
PRODUTOS E SERVIÇOS.....	39
BALÃO CATIVO	39
MACACO PNEUMÁTICO.....	41
DUTO INFLÁVEL	43
ESFERA.....	45
BARREIRA DE CONTENÇÃO	47
AERÓSTATO DE VIGILÂNCIA E MONITORAMENTO	49
BOLSÃO DE ARMAZENAMENTO	52
BARRACA INFLÁVEL	54
BALÃO GUINDASTE	56
AIRBAG	58
REPARO E MONTAGEM DE AERONAVES – SERVIÇOS.....	60
METODOLOGIA DA PESQUISA	62
COLETA DOS DADOS	63

ANÁLISE DE DADOS	64
PDP DA ORGANIZAÇÃO	65
EMBASAMENTO TEÓRICO	74
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	76
INOVAÇÃO	80
APLICAÇÃO NA ENGENHARIA	81
APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA.....	84
INDÚSTRIA 4.0.....	87
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	90
MANUFATURA ADITIVA.....	96
TECNOLOGIA E APLICAÇÕES.....	103
Fotopolimerização em cuba	104
Estereolitografia.....	104
Processamento de luz digital (DLP)	105
Produção contínua de interface líquida (CLIP).....	105
Jateamento de material.....	105
Jateamento aglutinante	105
Fabricação por filamentos fundidos (FFF)	106
Desenho de contorno	107
Fusão em cama de pó.....	107
Sinterização seletiva a laser (SLS)	107
Sinterização direta de metal a laser (DMLS).....	108
Laminação de folhas	108
Deposição de energia direcionada	109
ATRIBUIÇÕES IMPRESSORA 3D	113
MATERIAIS.....	116
PLÁSTICO	116
METAL.....	116
CERÂMICA	117
MADEIRA.....	118
CERA.....	118
AREIA	118
VIDRO.....	119
IMPRESSÃO 3D	120
A HISTÓRIA	120

PROMETE REVOLUCIONAR A INDÚSTRIA?	122
COMO FUNCIONA?.....	126
DESAFIOS E VANTAGENS	129
PROTÓTIPO E PROTOTIPAGEM	136
FLUXOGRAMA DE PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	138
DISCUSSÕES	142
CONCLUSÃO.....	148
REFERÊNCIAS	150
APÊNDICES.....	155
APÊNDICE 1 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA PESQUISA BASEADO NAS ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO.....	155
APÊNDICE 2 – ESTRUTURA DA PÁGINA 1 DO BANCO DE QUESTÕES.....	156
APÊNDICE 3 – ESTRUTURA DA PÁGINA 2 DO BANCO DE QUESTÕES.....	157
APÊNDICE 4 – ESTRUTURA DA PÁGINA 3 DO BANCO DE QUESTÕES.....	158
APÊNDICE 5 – ESTRUTURA DA PÁGINA 4 DO BANCO DE QUESTÕES.....	159

INTRODUÇÃO

Estamos na era da competitividade no mercado, as organizações, seja ela de grande, médio ou pequeno porte, estão buscando cada vez mais o auxílio das tecnologias, a fim de melhorar seus processos, consequentemente a qualidade e redução de custos e tempo.

Hoje nossos consumidores estão cada vez mais exigentes e menos pacientes, o conhecimento é a base dos processos produtivos, podendo ser explorado e abstraído, permitindo não apenas a sua reprodução, mas também a geração de novos.

A análise das habilidades e capacidades de uma organização, possui maior valor estratégico, apesar da importância das pessoas no processo de gestão do conhecimento e compreensão, vale ressaltar que o aspecto arquitetural interno e ferramentas que possam habilitar esta capacidade, especificamente à inteligência artificial.

A redução do tempo necessário para o desenvolvimento de um projeto passa por diversos obstáculos que por muitas vezes vão além da capacidade individual de seus responsáveis, encontrando dificuldades como a comunicação e compreensão entre os membros da equipe e fatores externos. As dificuldades nascem nas formas de comunicação, como desenhos técnicos, esquemas e modelos virtuais em três dimensões, até altos índices de complexidade que certos projetos podem alcançar, dificultando a compreensão.

É aí que chegamos ao cenário dos protótipos, que se mostram extremamente úteis, permitindo a manipulação e visualização direta de produtos ou de partes deles que poderão ser mais bem analisadas pelos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto.

As tecnologias tradicionais para a produção de protótipos, como a usinagem ou a fabricação de moldes piloto podem ser caras ou demandar um tempo que muitas vezes a empresa não pode se dar ao luxo de gastar. Desta forma, ao permitir a geração de modelos tridimensionais físicos de alta complexidade a partir de modelos virtuais gerados em sistemas CAD, e ao utilizar apenas uma fração do tempo e do custo necessários para fazê-lo

através de outras técnicas ou tecnologias, a prototipagem rápida tem-se mostrado excelente alternativa.

A prototipagem rápida permite a elaboração de métodos de desenvolvimento de produtos, sendo este realizado em etapas, permitindo a interação de diversas áreas como o planejamento, desenvolvimento e execução, tendo como principal foco o desenvolvimento de componentes funcionais e formas de objetos em um curto período de tempo, e respeitando as especificações exigidas para o produto final.

A aceleração e eficiência na comunicação durante os processos de desenvolvimento de produtos, permitindo inclusive a execução de ensaios e definição de ferramental.

O 10º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, que aconteceu de 8 a 10 de agosto de 2012, na cidade de São Paulo, SP, Volpato declarou uma estimativa de que a economia de tempo e de custo na elaboração de protótipos seja na ordem de 50% a 90% com o uso de tecnologias de prototipagem rápida dependendo da complexidade do objeto.

Dentro deste contexto, surgiu a técnica da impressão 3D, que consiste em uma representação matemática da superfície 3D de um objeto, criando formas, representações de cenários através da utilização de um software.

Máquinas fazendo máquinas de maneira inteligente, com inteligência artificial, argumento que pouco tempo atrás até poderia ser apresentado como roteiro de ficção científica futurista, entretanto, trata-se do presente.

Até mesmo as menores ou médias empresas precisarão se adaptar aos recentes e flexíveis processos de automação para atenderem suas demandas e, como norma básica de adequação, pede-se que essas empresas mudem, se ajustem e melhor aproveitem as tecnologias disponíveis que irão auxiliá-las na gestão de prazos, informações e finanças dos projetos.

Com a escalada industrial até a chegada no que hoje é o período conhecido como Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, muitos impactos já foram revelados para a vida das pessoas e organizações, inclusive, alguns negativos que devem ser enfrentados e tratados, entretanto, muitos foram identificados como oportunos e lucrativos.

Sendo assim, o presente trabalho irá trazer um conjunto que sustente a relevância do tema desta pesquisa, proposta com benefícios para se aplicar a técnica nos processos de desenvolvimento de produtos no chão de fábrica.

OBJETIVOS

Apresentar por meio de uma metodologia de pesquisa exploratória, a melhoria que a inserção da inteligência artificial pode trazer no desenvolvimento de produtos, abrange um tema relevante e de grande importância na atualidade para o meio industrial e mercadológico para solucionar casos de inconsistência que vem trazendo grandes prejuízos na área produtiva.

Verificar os benefícios obtidos com a aplicação da impressão 3D em processos de manufatura na indústria de serviços aéreos especializados. A utilização da impressora 3D que vem incentivando a inovação das indústrias na busca pela redução de custos e tempo de fabricação de objetos com alta precisão e com a integridade da estrutura das peças produtivas.

O uso da tecnologia 3D proporcionará criação de protótipos praticamente em tempo real e com custos aceitáveis, possibilitando a realização de testes em relação à forma, ergonomia e aplicação física de forma prática e eficiente, além de possibilitar a customização das peças.

Buscamos aqui demonstrar as vantagens do emprego dessas tecnologias, como uma proposta da utilização da prototipagem rápida durante o desenvolvimento de um projeto, seguido de uma reflexão sobre os possíveis resultados com o que é dito sobre o tema na literatura.

Os propósitos específicos se mantêm em torno do levantamento de características gerais dos materiais e métodos da impressão 3D, de acordo com a sua aplicação na indústria em estudo, demonstrar os ganhos com a redução de custos e prazos, em casos reais de utilização da prototipagem, apresentar os ganhos no desenvolvimento de prototipagem, ainda referentes à custo e prazo, contextualizar as origens, usos, vantagens e desvantagens da impressão 3D, descrever diferentes tecnologias e processos de impressão 3D disponíveis no mercado, identificação das principais aplicações da impressão 3D em processos de manufatura que ocasionam benefícios significativos, exploração e descrição das possíveis melhorias a serem adquiridas no processo de fabricação com a inserção da impressão 3D.

JUSTIFICATIVA

Com os recentes desenvolvimentos em tecnologia e dispositivos mais acessíveis, a tecnologia de manufatura aditiva não só se mostrou como uma ferramenta promissora de prototipagem rápida, mas como uma tecnologia personalizada.

No Brasil, o uso da manufatura aditiva é uma importante área de aplicação como empresas com centros de desenvolvimento tentando entender e assimilar as capacidades desta tecnologia e o potencial para construí-la como uma solução mais eficaz, desmitificando o grande paradigma de produção industrial convencional que se instalou em todo o país.

Empresas em muitos setores já adotaram alguma forma de manufatura aditiva.

A pesquisa da Sculpteo mostra que 90% dos usuários de impressoras 3D veem essa tecnologia como uma vantagem competitiva em sua estratégia geral. No relatório EY Global 3D Printing realizado em 2016, 84% de todas as empresas pesquisadas usam impressão 3D para desenvolvimento de produtos, mas nos últimos anos, o percentual de uso nas etapas de produção vem aumentando cada vez mais.

O uso da manufatura aditiva pode oferecer muitos benefícios para indivíduos e empresas, os principais benefícios desta atualização é a velocidade em produção rápida de um projeto digital em um modelo físico, permitindo a prototipagem rápida; custo baixo de produção individual, o que permite uma produção uniforme ou em pequenas quantidades; liberdade de projeto e complexidade permitindo a fabricação de geometrias muito mais complexas do que outros métodos de fabricação; possível fazer produtos personalizados de acordo com gostos e necessidades individuais; desenvolvimento sustentável usando menos materiais e produz menos resíduos de produtos e consumindo menos eletricidade.

ESTUDO DE CASO

A EMPRESA

A Airship do Brasil Indústria Aeronáutica Ltda fundada em 2005 é especializada no projeto, fabricação, comercialização e operação de aeronaves, possui uma equipe de engenheiros aeronáuticos experientes no setor, especializados no desenvolvimento e fabricação de “veículos” e aeronaves com a tecnologia mais leves que o ar. A empresa é única indústria aeronáutica com essa tecnologia, em processo de obtenção do COP, e detentora de Certificado de Tipo de um dirigível no Brasil.

É uma empresa 100% privada e pertence ao grupo Transportes Bertolini, conhecida por incorporar tecnologia de ponta em seus projetos, a empresa possui uma fábrica na cidade de São Carlos, SP.



Figura 1: Hangar localizado em São Carlos

Fonte: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3077040/adb-3x01-airship-do-brasil-excede-seu-primeiro-voo-1>



Figura 2: Logo da ADB

Fonte: <http://www.adb.ind.br/>



Figura 3: Fachada da fábrica ADB

Fonte: <http://www.airshipdobrasil.com.br/downloadInformativo?id=71>

A ADB tem como foco o desenvolvimento de equipamentos leves para transporte de cargas, patrulhamento de infraestrutura, serviços de sensores e vigilância, além de fornecer suporte logístico, segurança, vigilância, publicidade, aero geofísica, meteorologia e meio ambiente. Para atuar na área da aviação, contamos com uma equipe dedicada e com larga experiência nesta área, realizando pesquisas e desenvolvimentos significativos no território do país em todas as áreas da tecnologia LTA, tais como: pesquisa de tecidos e compósitos e refinamento de cabos de transmissão, desenvolvimento para controlar o equilíbrio aerodinâmico, aerodinâmica, estabilidade, computação e integração de sistemas embarcados e criar novos produtos e adaptá-los ao mercado, análise técnica e estratégica conjunta.

A empresa educa sua força de trabalho qualificada, treina engenheiros e técnicos e fornece treinamento de dirigíveis para pessoal de terra, pilotos e tripulação por meio de sua escola de aviação mais leve que o ar, ESALTA.

A história dos LTAs no país teve início em 1990, quando o Exército Brasileiro iniciou pesquisas sobre a utilização de dirigíveis para realizar sua logística estratégica, principalmente em áreas de fronteira e na Amazônia.

O projeto dirigível do Exército Brasileiro foi oficializado em 1997, tendo já a Bertolini como parceira. Em 2004, o exército coordenou a criação de uma SPE, que evoluiu e deu origem, em junho de 2005, à ADB. A empresa, inicialmente com sede em Barueri, SP, mudou-se para São Carlos, SP em 2010.

A Airship já tem desenvolvidos dois modelos de aeróstatos, o ADB-1 e o ADB -2. O primeiro apresenta 4m de comprimento, capacidade para 2kg de

carga útil e é utilizado em testes de configuração, propulsão, estabilidade e controle de dirigíveis de grande porte, além de possuir versões voltadas para a realização de imagens aéreas e publicidade, com a distribuição de panfletos.

O segundo, com 16m e capacidade para 20kg, é aplicado em atividades publicitárias, de vigilância, captação de imagens aéreas e serve também como plataforma de telecomunicações.

Existe o projeto de nacionalização do dirigível norte-americano 138-S-Skybus, denominado de ADB 3-3, além de aeróstatos da família ADB-A-X, voltados para tarefas de segurança pública, defesa e telecomunicações, entre outras. Basicamente, a diferença entre as aeronaves é que os aeróstatos não são tripulados e funcionam ancorados por meio de um cabo, já os dirigíveis são tripulados e possuem propulsão a motor. De acordo com a empresa, os produtos podem ser empregados em diferentes áreas, dentre elas a logística.

Ao longo destes anos, a ADB vem trabalhando em pesquisas para desenvolver aeronaves 100% nacionais, apesar de ter buscado conhecimento e parcerias estratégicas no mundo todo. Neste meio tempo, a companhia também evoluiu de uma prestadora de serviços em logística para uma indústria aeronáutica. Futuramente, ela pretende desenvolver negócios que incluem, além da fabricação, a prestação de serviços na operação e manutenção de suas aeronaves, bem como a formação de mão de obra especializada como pilotos, mecânicos e tripulantes e serviços logísticos.

Além dos modelos de dirigíveis já citados, o mais ambicioso projeto da empresa é o desenvolvimento do ADB 3-30-E, com 130m de comprimento, diâmetro do envelope de 35m, altura de 50m, equivalente a um prédio de 18 andares e capacidade para transportar 30 toneladas, voltado para inspeção, manutenção, construção de linhas de transmissão elétrica e logística em regiões sem infraestrutura para outros modais de transporte.

De acordo com Marcus Tabaknic, diretor técnico de Projeto e Desenvolvimento da Airship do Brasil, a grandeza do projeto do 3-30-E não se resume ao seu tamanho. “Só existem vinte e dois dirigíveis certificados nos Estados Unidos e três na Europa, e nenhum com as dimensões do ADB 3-30-E. Somos pioneiros”, informa.

Este projeto, criado para a Eletronorte, visa oferecer uma alternativa para a manutenção e inspeção de linhas de transmissão de energia, o que hoje

é feito por terra. Com o dirigível, será possível fazer um monitoramento à distância com sensores e câmeras, além de aproximar as equipes pelo ar e descê-las numa gaiola para fazer os reparos, sem a necessidade de equipes de terra, o que é ideal para áreas remotas e de acesso restrito. “Além disso, o 3-30-E é concebido também para o transporte e posicionamento de torres que sustentam as linhas de energia”, explica Tabaknic.

A primeira aeronave da empresa a entrar em operação, foi o ADB 3-3, com capacidade de carga útil de uma tonelada ou seis passageiros.

A Airship se destaca por sua capacidade de desempenhar funções no que se diz respeito ao ciclo de tecnologia mais leves que o ar dentro dos padrões oferecidos:

1. Pesquisa;
2. Desenvolvimento;
3. Produção;
4. Certificação;
5. Operação;
6. Manutenção;
7. Treinamento de Tripulação e Piloto.

TECNOLOGIA

O interesse de grandes empresas nacionais e internacionais impulsionou o desenvolvimento de aeronaves no Brasil, tornando-as parte integrante da infraestrutura socioeconômica e de defesa do país, bem como dos sistemas logísticos e de transporte.

Considerando a infraestrutura de um país em desenvolvimento como o Brasil, dirigíveis e outras plataformas mais leves que o ar seria um desafio logístico causado por deficiências de fiscalização de fronteiras e terminais, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos. Como plataforma de trabalho, eventos, agricultura e telecomunicações, os dirigíveis têm crescido em importância e já são uma realidade funcional e eficiente hoje.

A ADB reconhece essas necessidades e seus projetos estudam a aplicação de sistemas e tecnologias de ponta para apresentar ao mercado opções mais eficientes e cada vez mais interessantes para a proteção do meio ambiente.

POLÍTICA

A política da empresa promove soluções logísticas de infraestrutura e segurança, utilizando a tecnologia LTA para garantir o acesso em locais difíceis com recursos técnicos, econômicos e seguros em operações especiais de transporte de pessoas e mercadorias.

A política estratégica prevê a divulgação e desenvolvimento da tecnologia LTA, enfatiza a importância desta ciência por meio de inovações nos métodos e conceitos tradicionais atualmente em uso, e coopera, projeta para o desenvolvimento do campo e do país, produzindo, certificando e operando soluções inovadoras que atendem às necessidades das gerações atuais e futuras.

O valor agregado é a interação e foco no cliente, responsabilidade social e ética, valorização de recursos humanos, inovação, agilidade, visão sistemática, sustentabilidade e comprometimento.

MISSÃO

Fornece alternativas onde o acesso é difícil. Os meios de transporte convencionais não encontram soluções técnicas, econômicas e de segurança para o transporte de passageiros e cargas.



Figura 4: Protótipo dirigível cargueiro ADB 3-30

Fonte: <http://www.airshipdobrasil.com.br/downloadInformativo?id=71>

VISÃO

Tornar-se líder mundial de mercado em tecnologia LTA e ser reconhecido nacional e internacionalmente como o mais importante fabricante, fornecedor e operador de dirigíveis.



Figura 5: Destaque aos 50 colaboradores da ADB

Fonte: <http://www.airshipdobrasil.com.br/downloadInformativo?id=71>

RESPONSABILIDADE SOCIAL

Para promover o desenvolvimento científico e tecnológico da juventude do país, a ADB incentiva o envolvimento da comunidade em seus projetos e instalações, recebe visitas técnicas orientadas e realiza treinamentos em escolas e faculdades.



Figura 6: Cerimônia de inauguração da instalação

Fonte: <http://www.airshipdobrasil.com.br/downloadInformativo?id=71>

SETOR AEROESPACIAL

O setor aeroespacial é um dos setores de destaque na implantação de capital humano profissional e de alta tecnologia na indústria brasileira, um processo inovador que fortalece sua independência em relação às importações e permite maior penetração das exportações e estamos aumentando a conscientização sobre tecnologia sensível.

Por esses motivos, o setor aeroespacial é considerado estratégico para o desenvolvimento do país. Uma empresa que se destaca por criar tecnologia de ponta nesse espaço é a ADB, empresa 100% estatal com sede na cidade de São Carlos, SP. A empresa é especializada no projeto, fabricação, comercialização e operação de aeronaves contando com a tecnologia LTA e soluções focadas em transporte de carga, patrulha de infraestrutura, serviços de sensores e vigilância.

A empresa também presta serviços de apoio logístico, segurança, vigilância, publicidade, geofísica atmosférica, meteorologia e meio ambiente. A ADB participou de uma entrevista com Daniel Diego Milstein Gonçalves, *Chief Technology and Operations Officer (CTO&COO)* da ADB, e ESSS, que tem como foco a criação de valor e o desenvolvimento de produtos inovadores.

ESSS – A Airship é especializada em fabricar, desenvolver e comercializar aeronaves e soluções utilizando tecnologias mais leves que o ar. Quais são os principais desafios de trabalhar com projetos como estes?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – As tecnologias do mais leve que o ar, embora sejam antigas, não são muito comuns e difundidas. Consequentemente, há uma grande carência de pessoas com prévios conhecimentos específicos nisso, bem como as universidades pouco ou nada ensinam sobre o tema.

Essa situação torna os desenvolvimentos que a ADB faz quase que únicos no Brasil, nos onerando em custos e prazos, além disso, algumas particularidades dessa tecnologia são ainda insolúveis, como por exemplo, os processos de transferência de cargas, ou seja, quando uma carga é liberada, ao mesmo tempo a aeronave deve receber lastro, tornando a operação complexa.

A solução para isto existe, que é a ventilação de gás de empuxo, e, sendo este o hélio, não é economicamente viável, o desafio é, então, o desenvolvimento de tecnologias e materiais que permitam essa operação de forma mais barata e segura como por exemplo, empregando-se o hidrogênio como gás de empuxo.

ESSS – Quais os projetos futuros da Airship do Brasil?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – A empresa tem por objetivo o desenvolvimento de uma aeronave de grande porte, para transporte de carga. E certamente ao ‘navegarmos em águas desconhecidas’, as ferramentas computacionais são um pilar seguro para nosso desenvolvimento, garantindo projetos seguros e economicamente rentáveis.

ESSS – As ferramentas de simulação computacional têm sido grandes aliadas no desenvolvimento dessas tecnologias? De que forma a Airship está utilizando as ferramentas de simulação?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – Sim, em estruturas (por exemplo na análise dos estabilizadores e da gaiola do ADB-3-X01), além da aerodinâmica.

ESSS – A área aeroespacial é geradora de tecnologias de ponta. Você considera que a utilização das ferramentas de simulação computacional neste mercado é essencial para o desenvolvimento dessas tecnologias?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – As particulares demandas dessa indústria, os específicos nichos de mercado onde estamos inseridos, e a premência por relações de custo-benefício positivas, comprimem nossas possibilidades ao máximo, fazendo com que as margens de erro em relação às previsões sejam mínimas, quando compararmos um projeto com o produto final. Apenas plataformas de boa qualidade para fazermos as simulações necessárias podem nos garantir esses níveis de acuracidade, fazendo da suíte ESSS um aliado potente para obtenção desses resultados.

ESSS – Qual a principal mudança das tecnologias “mais leves que o ar” desenvolvidas no passado e as desenvolvidas atualmente?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – O que mudou? Em grande parte, materiais, hoje mais leves e resistentes, e as bases de certificação, hoje muito mais demandantes e restritas, fazendo com que o uso de tecnologias de ponta seja um dos únicos subsídios que temos para garantir leveza e segurança em nossos produtos.

ESSS – A Airship do Brasil aposta na tecnologia LTA. Qual a intenção da ADB em relação a difusão desta tecnologia no território nacional?

Daniel Diego Milstein Gonçalves – A tecnologia LTA sempre esteve entre nós, desde os primórdios da aviação. É firme a intenção da Airship do Brasil de promovê-la, e mostrar que sim, ela é viável em particulares nichos de mercado. Num país de dimensões como o nosso, com dificuldades logísticas enormes, com infraestrutura de transportes precária, as soluções LTA são mais que viáveis, são a resposta às demandas singulares que o Brasil tem, e certamente, passo a passo, serão supridas pela ADB.

Paulo Vicente Caleffi, Diretor Geral da Transportes Bertolini e Diretor da ADB, explica: “Os dirigíveis ainda são muito eficazes nesses locais. Encontramos essa viabilidade e, principalmente, que os custos associados suportam um investimento necessário”, comentou.

Nesse contexto, Caleffi observa que a pesquisa iniciada em 1992 mostrou a economia do novo formato modal, o projeto do dirigível para a indústria aeronáutica, criado por Bertolini, uma associação de empresas de transporte e Engevix.

Claramente no primeiro semestre de 2017, foi realizada a programação de testes para colocar em serviço um cargueiro com capacidade de carga de até 30 toneladas. Espera-se que o dirigível de 100 metros de comprimento, apelidado de ADB-3, percorra distâncias de até 2.000 km a 100 km/h.

As especificações idealizadas levam em consideração os custos necessários para tornar o equipamento competitivo em relação aos preços de transporte rodoviário originalmente projetados para atender a demanda da Amazônia, na avaliação de Caleffi ele destaca que a aeronave pode ser aplicada para a realidade gaúcha: “É obvio que isso sozinho não resolve o problema do Estado, o Rio Grande do Sul precisa de algo mais. No fórum, pretendemos capitanear algumas ideias para colaborar com desenvolvimentos voltados a esse objetivo”.

Uma das principais vantagens é a necessidade de baixo investimento para decolagem e pouso, a ideia é que os pontos de decolagem e chegada ocorram sobre a água, diminuindo assim o valor necessário para a adaptação da infraestrutura em terra.

Outras apostas além do uso militar e publicidade entram em fase final de implementação e o transporte de cargas pesadas nas refinarias começa a tornar-se uma realidade. Segundo Caleffi, já é possível movimentar 70 toneladas com alcance de até 200 metros, caso em que o aparelho será içado por cabos.

ÁREA DE ATUAÇÃO

Logística: a introdução de dirigíveis na matriz de transportes impacta expressivamente a logística nacional, com grande competitividade no transporte de cargas, sobretudo em locais de difícil acesso.

Segurança pública: os dirigíveis e aeróstatos podem servir como plataformas para instalação de câmeras e sensores a serem utilizados a fim de levantar dados para segurança pública, a custos reduzidos quando comparados aos atuais meios.

Levantamento de dados: os dirigíveis são plataformas de ótima relação custo-benefício para efetuar o levantamento de dados estratégicos, a exemplo de prospecção de minérios, inspeção de linhas de transmissão elétrica e dutos.

Defesa: aeróstatos e dirigíveis podem ser usados como plataformas de grande autonomia, baixo custo e trabalho contínuo para esse ramo de atividades.

Telecomunicações: o uso de aeróstatos como plataforma para transmissão/retransmissão de dados tem enorme potencial de aplicabilidade no Brasil.

Agricultura: dirigíveis tripulados ou remotamente controlados e outros projetos utilitários da ADB pretendem inovar no controle e produtividade agrícola, oferecendo opções desde levantamento de dados até pulverização de defensivos.

Difusão do conhecimento: através de seu departamento denominado ESALTA, a ADB oferece cursos e palestras para a difusão do conhecimento sobre LTA, auxiliando clientes, fornecedores e entusiastas no entendimento dessa tecnologia.

PROJETOS

Os projetos da ADB seguem os princípios e o compromisso da empresa em buscar soluções inovadoras e de alta qualidade para projetos de plataformas mais leves que o ar.

Esses projetos, atualmente em fase de pesquisa e desenvolvimento, decorrem de necessidades e dificuldades reconhecidas e comprovadas em áreas como logística, segurança, telecomunicações, agricultura e eficiência energética no Brasil e no mundo, utilizando o que há de mais novo no ramo da tecnologia de ponta.

Novos projetos e conceitos podem ser apresentados a ADB para iniciar estudos de viabilidade e capacidade. Por isso, conta com uma equipe de engenheiros e técnicos para produtos customizados de acordo com as necessidades do cliente.

Os projetos, produtos e serviços da ADB abrangem uma ampla gama de aplicações em diversos setores da economia, aumentando a competitividade e quebrando paradigmas. Abaixo na Figura 7 estão as categorias de produtos relacionados:



Figura 7: Categorias de projetos, produtos e serviços fornecidos pela organização ADB

Fonte: <http://www.adb.ind.br/produtosServicos.jsp>

Hoje, ao desenvolver projetos, a organização se enquadra em dois segmentos. Um deles é o “radical” com grandes mudanças, novas categorias ou famílias de produtos, sendo necessárias novas tecnologias e materiais, processos de fabricação inovadores, e outro é uma “plataforma ou projeto de próxima geração”, sem novas técnicas ou materiais, um novo sistema de

solução para o cliente, uma estrutura comum em diferentes modelos em uma família de produtos.

Desenvolveu-se novas tecnologias para repatriação de aeronaves e também desenvolveu um portfólio de produtos mais leves que o ar para turismo, publicidade, transporte de passageiros e carga, defesa e vigilância de fronteiras.

DIRIGÍVEIS

Os dirigíveis são aeronaves que usam sustentação aerostática, o que significa que são preenchidos com um gás mais leve que o ar para flutuar. Eles atendem aos rígidos requisitos de segurança estabelecidos pelas autoridades certificadoras, tanto em seu projeto quanto em sua fabricação, bem como em aeronaves convencionais.

Podem ser usados em vários campos e os pontos principais são:

1. Longa autonomia no ar (pode pairar sem motor);
2. Requer pouca infraestrutura para pouso e decolagem;
3. Grande visibilidade para as marcas.

ADB 3-15/30 como projeto de dirigível cargueiro da ADB, com capacidade de até 15 toneladas, baixa emissão de carbono, podendo ter diversas aplicações, como por exemplo, acessar locais de difícil acesso e infraestrutura precária, grandes cargas indivisíveis e cargas de alto valor agregado.



Figura 8: Projeto ADB 3-15/30

Fonte: <http://www.adb.ind.br/projetos.jsp>

Dirigíveis não-tripulados sendo um projeto personalizado, tendo diversas aplicações, como por exemplo agricultura de precisão, vigilância, inspeções, com diferenciais como baixo gasto energético e grande autonomia em ar.

Plataformas com células fotovoltaicas, utilizando energia solar para alimentação dos sistemas de aeróstatos ou dirigíveis, a ADB estuda aplicar células fotovoltaicas para diminuir o consumo energético em combustíveis fósseis e viabilizar um produto com energia limpa.

SAGA, um projeto de dirigível estratosférico não tripulado, transformação disruptiva para telecomunicações e monitoramento remoto, com baixo custo de lançamento, maior capacidade de carga em comparação à satélites, possibilidade de retorno e relançamento, melhor qualidade de dados devido à proximidade com a superfície terrestre e operação em região de baixos ventos e acima de grande parte dos fenômenos meteorológicos.



Figura 9: Projeto SAGA

Fonte: <http://www.adb.ind.br/projetos.jsp>

PRODUTOS E SERVIÇOS

BALÃO CATIVO

O balão cativo, um balão esférico atado a uma gôndola octogonal, tem possibilidades de aplicação para passeios, para publicidade e, no meio militar, pode ser aplicado para o treinamento de paraquedistas.

O balão também fornece uma excelente oportunidade para visibilidade de patrocínio em eventos corporativos. A publicidade é aplicada diretamente sobre o envelope, podendo ser feita com pintura, película autoadesiva ou impressa digitalmente. Durante a noite, o envelope pode ser iluminado por lâmpadas localizadas dentro do envelope.



Figura 10: Possibilidades de aplicação Balão

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Lazer ideal para todas as idades, permite que até 30 passageiros se acomodem confortavelmente na gôndola, tendo uma vista ampla e desimpedida a uma altura de 120m em um incrível passeio, podendo levar até 1000 passageiros por dia e com acessibilidade para cadeirantes.



Figura 11: Gôndola Octogonal Balão

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

A instalação do balão cativo exige uma plataforma de aterrissagem de 10 metros de diâmetro. Há um círculo de amarração interior com um diâmetro de 22 metros e um círculo de diâmetro exterior de amarração de 50 metros.

A gôndola octogonal é suspensa por cabos elevadores, de forma a sempre permanecer horizontal. Ele possui um longo cabo de corda de 200 metros e normalmente voa a até 120 metros, que é a altura de voo ideal. O cabo é enrolado sobre um grande tambor, e devido ao seu desenho de camada única, tem uma vida muito longa. Os principais componentes do balão cativo são o envelope, a gôndola, o cabo e o guincho.



Figura 12: Balão Esférico

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

MACACO PNEUMÁTICO

O macaco pneumático é uma solução tecnológica para infraestrutura de manutenção e resgate de aeronaves e outros veículos. Composto por colchões infláveis posicionados um sobre o outro para ser utilizado, o produto tem cada um dos colchões inflados separadamente por um sistema pneumático para melhor se adequar a altura desejada de ancoragem.

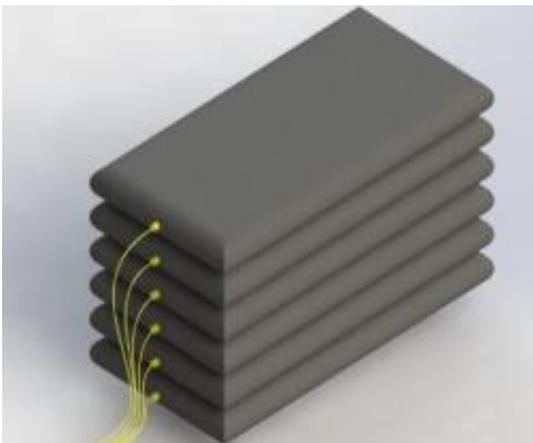


Figura 13: Macaco Pneumático

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Trata-se de um produto de aplicação já consolidada na indústria aeronáutica. Seu mecanismo permite fácil adaptação a diferentes tipos de aeronaves, sendo necessária somente modificação da primeira camada para a geometria pretendida.

A utilização do macaco pneumático é preferível à utilização do macaco convencional por apresentar menos riscos à integridade da estrutura elevada, sem pontos de contato rígidos. Pode ser posicionado para elevar estruturas centrais, como a fuselagem, ou mesmo outras estruturas danificadas, como asas ou profundores. O controle de altura é feito pela regulação do volume de ar utilizado.

Usado também para auxiliar na realização de atividades de manutenção de aeronaves em locais remotos, de difícil posicionamento para os outros tipos de macacos por conta da facilidade apresentada no transporte, sendo altamente compacto quando vazio.

A aplicação dos kits de resgate pneumáticos como o macaco pneumático e bolsões de operação similar ainda é pouco vista, porém mostra-se muito eficaz. Seu modo de operação permite que cargas delicadas ou valiosas sejam elevadas com cuidado, oferecendo o mínimo risco à estrutura.

O macaco pneumático pode ser utilizado no resgate de veículos tombados ou acidentados, para resgatar passageiros sob cargas pesadas e também mesmo em oficinas de manutenção, na substituição do macaco hidráulico convencional. A flexibilidade de seu material apresenta-se como vantagem estratégica para transporte e instalação.

O macaco pneumático apresenta vantagens incomparáveis frente ao macaco convencional. Sendo uma solução prática, flexível, leve e extremamente móvel que pode ser empregada nas mais diversas situações, sendo excelente mecanismo para constar na lista de equipamentos de equipes de resposta rápida e resgate.

DUTO INFLÁVEL

Esses dutos podem ser aplicados em operações de transporte de gases, ventilação e climatização de ambientes. É extremamente vantajoso devido sua fácil instalação e remoção, sendo possível também ser aplicado em instalações temporárias sem muito trabalho. O tecido usado para sua fabricação é decidido dependendo da sua aplicação e das necessidades do cliente, assim como seu tamanho também varia de acordo com esses fatores.



Figura 14: Duto Inflável

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Os dutos, por serem fabricados em materiais flexíveis, permitem alta mobilidade e rápida instalação e remoção. Quando vazios e dobrados são mais leves que tubos rígidos e ainda podem ser compactados, facilitando o transporte e aumentando as aplicações. Podem ser aplicados no transporte de fluidos, gases ou sólidos (como grãos). Alguns exemplos de aplicações são: abastecimento, carga e descarga de veículos e embarcações e encanamento de escapamento de gases. As características dos dutos, como material e comprimento, são definidas de acordo com a aplicação pretendida pelo cliente e o material transportado, que definirão quais são as necessidades em termos de resistência mecânica, rigidez, permeabilidade, resistência às intempéries, etc.

Os dutos infláveis, quando combinados com canais ou furos em sua extensão, podem ser aplicados como tubos de ventilação e climatização, em substituição aos dutos convencionais metálicos. Esta aplicação é ideal para estruturas provisórias ou que requerem montagem rápida. A utilização de dutos infláveis mostra-se uma opção muito mais barata para instalação de ventilação, sendo também mais simples sua limpeza, tornando o duto inflável um produto mais higiênico do que o duto convencional metálico.

A estrutura poderá ser fabricada em caráter provisório ou permanente e possuir diferentes propriedades de comprimento ou rigidez, dependendo da utilização pretendida. Essas características, além do material, são definidas de acordo com os requisitos fornecidos pelo cliente.

ESFERA

A esfera é um tipo de balão esférico cativo de geometria e instalações simples. Sua superfície é altamente personalizável, assim como seu tamanho, podendo carregar equipamentos variados como, por exemplo, câmeras, sensores e roteadores de wi-fi. Tem diversas aplicações, sendo destacadas as áreas de marketing, vigilância e monitoramento e telecomunicações.



Figura 15: Balão Esférico Cativo

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

As esferas, quando aplicadas para atividades de publicidade e marketing, são excelentes plataformas de exposição de marca, seja em seu tecido ou ao longo de seu cabo de ancoragem. Também se apresentam como excelentes meios de obtenção de fotografias panorâmicas aéreas na cobertura de eventos.

Os balões esféricos podem servir como plataformas aéreas para instalação de câmeras e sensores, a custos reduzidos quando comparados aos atuais meios, para aplicações em vigilância, controle de fronteiras, prospecção de minérios, coleta de dados estratégicos, mapeamento de terreno, monitoramento de incêndios, entre outros.

O uso de balões como plataforma para transmissão e retransmissão de dados tem enorme potencial de aplicabilidade no Brasil, ainda mais em áreas de instalação de bases avançadas ou de infraestrutura de telecomunicações deficitária. Também pode servir como estrutura de retransmissão de internet sem fio em feiras e eventos.

O tamanho da esfera depende das necessidades do cliente, como a carga a ser carregada, por exemplo. Podem ser fabricadas com diâmetros a partir de 3 m. A esfera não precisa de infraestrutura para funcionar, podendo ser transportada e inflada no local, com ancoragem personalizada ao terreno.



Figura 16: Exemplo de aérea de cobertura de eventos

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

BARREIRA DE CONTENÇÃO

Essas barreiras podem ser aplicadas em rios, lagoas, mares, portos, estaleiros, canais, terminais petrolíferos, entre outros, com a finalidade de conter derramamentos de produtos químicos imiscíveis na superfície da água que acidentalmente podem ocorrer. É eficiente em conter o vazamento restringindo a área.



Figura 17: Aplicação da barreira

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

São compostas por gomos, sendo possível aumentar ou diminuir a barreira de acordo com o tamanho da área atingida pelo derramamento. Sua estrutura permite também a conexão de redes submersas, dando flexibilidade para aplicação, podendo conter a expansão também de dejetos sólidos, ou como região limítrofe para pesca ou prática de piscicultura em grandes superfícies aquáticas.



Figura 18: Gomo Barreira de Contenção

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Associadas a redes ou telas submersas, as barreiras podem ser aplicadas como regiões limítrofes para piscicultura ou reprodução em cativeiro de espécies aquáticas. Na pesca, pode substituir as boias convencionais da rede, apresentando menor peso para transporte.

As barreiras flutuantes podem ser aplicadas na contenção de óleo ou outros produtos químicos imiscíveis em água em derramamentos, evitando a contaminação de maiores superfícies aquáticas. São compostas por gomos móveis, o que torna possível a instalação de barreiras maiores ou menores pela associação de gomos.

A modificação do tamanho da barreira é útil também para o tratamento de áreas atingidas, no direcionamento do fluxo. A contenção de óleo é igualmente útil em locais de marinas, podendo diminuir o impacto ambiental da presença constante de barcos.

AERÓSTATO DE VIGILÂNCIA E MONITORAMENTO

O aeróstato, um tipo de balão cativo com envelope de aerodinâmica otimizada, é capaz de carregar equipamentos variados como, por exemplo, câmeras, sensores, radares, transmissores, antenas de WiFi, equipamentos de telecomunicação.



Figura 19: Instalação do Equipamento

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Atividades de publicidade e marketing poderão utilizar o aeróstato como outdoor aéreo, permitindo a exposição de logomarcas em seu envelope ou ao longo de seu cabo de ancoragem, e destacando local ou produto, permitindo visibilidade a longas distâncias.

A plataforma elevada permite visibilidade desimpedida de todos os arredores e grande alcance. A aplicação de aeróstatos com câmeras ou sensores proporciona um equipamento de importância estratégica para vigilância de eventos, infraestrutura de alto valor agregado, fronteiras, entre outros. O balão pode ser usado também na coleta de dados ou monitoramento de incêndios, por exemplo.



Figura 20: Visibilidade do Equipamento

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Há diversos tamanhos disponíveis, os modelos mais simples para cargas leves atingem com facilidade 150m de altura de operação. O tamanho do aeróstato depende das necessidades do cliente, como a área a ser monitorada e peso dos equipamentos que o aeróstato carregará.

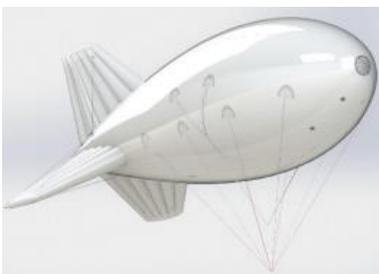


Figura 21: Aeróstato

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

O aeróstato é içado sobre um ponto central da área a ser monitorada e não precisa de infraestrutura prévia para funcionar, podendo facilmente ser transportado para a área de interesse. Ele é ancorado ao VLA (Veículo Lançador de Aeróstato), o qual serve como base de controle de operações e âncora e ainda coleta dados e estoca equipamentos reservas.



Figura 22: Ancoragem no VLA

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Balões de ar quente são balões com cauda presa ao solo por cabos e alinhada com o vento.

Eles são suportados pelo uso de um material mais leve que o ar (hélio ou hidrogênio). Devido às suas características, são plataformas muito eficientes para longos períodos de elevação:

1. Equipamentos de monitoramento e coleta de dados;
2. Dispositivos sensoriais;
3. Equipamento de Telecomunicações.

A Airship do Brasil trabalha tanto com modelos prontos quanto adaptando o dirigível ao uso do cliente.

BOLSÃO DE ARMAZENAMENTO

Os bolsões de armazenamento são uma solução prática e segura para armazenamento de líquidos. São altamente personalizáveis e flexíveis, criando vantagens para o transporte, montagem e manuseio. Quando vazio, um bolsão pode ser compactado a tamanhos equivalentes a menos de 10% de seu tamanho cheio.



Figura 23: Coletor de água

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Opção para armazenamento de gases e líquidos, os bolsões podem ser aplicados na indústria de prospecção de óleo e gás, industrial, pesquisa e desenvolvimento, defesa, entre outras aplicações. Os bolsões são feitos de uma variedade de tecidos e laminados com resina de reforço e vedação, dependendo da aplicação.

Possuem estabilidade química a uma enorme variedade de fluidos. Ideais para bases avançadas sem infraestrutura prévia e para atividades durante construções. Podem ser instalados em caráter provisório e móvel ou permanente.

Por seu caráter flexível, o bolsão permite contato pleno com o fluido carregado, evitando assim contato com o ar e o ambiente. Isso o torna ótima opção para armazenamento e transporte de água potável. Seu caráter personalizável pode permitir também transporte (aéreo ou terrestre) e instalação rápida em áreas em situação de emergência ou que foram atingidas

por catástrofes naturais. Outras aplicações possíveis são com brigadas de incêndio e irrigação.

O bolsão de armazenamento apresenta inúmeras vantagens, como:

1. Baixa evaporação;
2. Alta resistência a intempéries;
3. Baixos riscos de desenvolvimento bacteriano e contaminação;
4. Instalação rápida e sem necessidade de infraestrutura prévia;
5. Uso seguro;
6. Manutenção mínima necessária;
7. Flexibilidade e compacticidade quando vazio;
8. Possibilidade de personalização.



Figura 24: Bolsão Flexível de Armazenamento

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

A Airship do Brasil possui um complexo produtivo e matéria-prima para customizar as estruturas de tecidos de alta resistência.

BARRACA INFLÁVEL

As unidades infláveis são compostas de gomos interconectados que formam um arco, podendo ter vedação em suas entradas ou não. Possuem diversas aplicações e podem ser projetados para diferentes tamanhos e geometrias.

A barraca inflável, cuja utilização ainda não é largamente difundida nacionalmente, é uma opção prática e de montagem simplificada e rápida para acampamento e campanha. Apresenta uma estrutura otimizada para transporte por ser compacta quando vazia, e a camada de ar de inflagem também fornece melhor vedação térmica do que barracas convencionais de camada única de tecido, sendo uma opção ideal para uso em climas extremos.

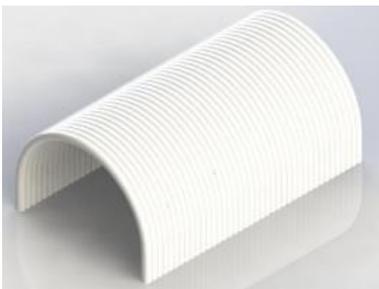


Figura 25: Barraca inflável

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Podendo ser instalados de forma provisória ou permanente, estandes infláveis são uma solução prática e diferencial de montagem para eventos. Podem ser adaptados às necessidades dos clientes, variando em tamanho e geometria, ser projetados desde estandes simples de demonstração até largas áreas, como salões de conferência. Quando projetado como espaço fechado, oferecem ainda a opção de serem climatizados, oferecendo excelente conforto térmico.

Um hangar inflável é uma solução economicamente vantajosa, portátil e flexível para proteção e manutenção de aeronaves ou veículos durante operações em campo. Hangares infláveis são uma ótima opção aos hangares convencionais também em aeroportos, por normalmente não requererem infraestrutura para instalação ou grande mão-de-obra. Essa já é uma solução

aplicada pela Força Aérea da Suécia e Marinha dos Estados Unidos, por exemplo.

A dupla camada de tecido, combinada com a cama de ar interna, gera um ambiente propício ao armazenamento climatizado de alimentos, como grãos ou vegetais. As barracas infláveis podem ser projetadas também para comportar unidades de descontaminação biológica ou química, evitando liberação de ativos tóxicos no ambiente.

Produtos possuem forma, dimensões e impressão personalizáveis como tenda inflável.



Figura 26: Tenda Inflável

Fonte: http://www.adb.ind.br/produtosServicos_inflaveisPromocionais.jsp

BALÃO GUINDASTE

São balões esféricos atados a cabos de amarramento de cargas. São não tripulados e desenvolvidos para içar ou transportar cargas por curtas distâncias com o empuxo gerado por um gás mais leve que o ar como o hélio. Ideal para a solução de problemas no transporte de grandes cargas indivisíveis como, por exemplo, de pás e turbinas eólicas ou mesmo veículos e aeronaves.

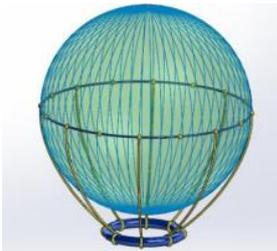


Figura 27: Balão Guindaste

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Funcionando justamente como um guindaste, o balão pode ser inflado ou esvaziado no local de aplicação, sendo uma solução prática e rápida. Quando vazio, é compactável para facilitar seu transporte. A operação para elevação de cargas se faz com a fixação do balão em bases fixas que controlem a trajetória. O controle de altura é feito pelo ajuste de lastro em solo ou com o uso de guinchos nos pontos de fixação, liberando o balão gradativamente.

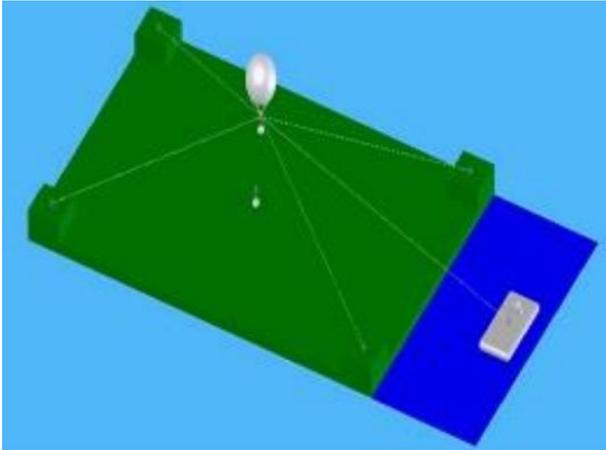


Figura 28: Cabos de Amarramento de Cargas

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Em aplicações de transporte entre pontos fixos recorrentes, o balão guindaste pode ser fixado em uma guia no percurso ou ser transportado por um veículo terrestre. Alternativamente, a movimentação espacial em curtas distâncias pode ser feita por um controle robótico que aumente ou diminua o comprimento dos cabos de ancoragem, tornando alcançável qualquer ponto no espaço contido entre o balão içado e os pontos de fixação.

Esse meio de transporte mostra-se como excelente solução para carga e descarga de navios ou de materiais na construção civil, por exemplo. O tamanho do balão guindaste deve se adequar aos requisitos do cliente em termos de massa a ser carregada e dimensões do compartimento de carga.

AIRBAG

O airbag é um dispositivo de segurança ativado pelo impacto do veículo. Projetado em tecidos, deve garantir a segurança dos passageiros do veículo em caso de colisão, evitando danos à cabeça e à coluna vertebral.

Airbag é um componente de segurança dos veículos automotores, que pode ser utilizado como dispositivo de segurança em algumas máquinas industriais também.

A configuração padrão vista na atualidade nos veículos de passeio é a com presença de dois airbags por veículo: um na localidade do motorista e outro em frente ao passageiro do banco da frente; porém, alguns outros veículos já apresentam configuração com mais dispositivos de segurança, protegendo vidros, laterais do corpo e alguns até com segurança para os passageiros dos bancos traseiros.

O airbag é constituído de tecido altamente resistente, projetado para aguentar o enchimento explosivo, que acontece em cerca de 0,8 segundos. O tecido é também resistente à degradação, com vida útil de cerca de 10 anos.



Figura 29: Airbag

Fonte: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>

Antes da aplicação direta em segurança dos passageiros, os airbags são testados em novas fabricações e novas geometrias em carros com robôs de pesquisa. Os sistemas e sensores estão em constante aperfeiçoamento, o que requer o teste contínuo antes da aplicação com vidas humanas, ainda mais tendo em vista os danos que o acionamento do airbag pode causar.

As lesões mais comuns causadas por airbags são: abrasão da pele, dano à audição (devido ao barulho da expansão), lesões na cabeça, dano aos

olhos, quebra dos ossos do nariz, dedos, mãos e braços. Assim, a pesquisa e desenvolvimento são focados em sistemas de acionamento que diminuam a frequência de danos, assim como tecidos menos abrasivos e, portanto, são possíveis setores consumidores dos balões constituintes de airbags.

REPARO E MONTAGEM DE AERONAVES – SERVIÇOS

As instalações da Airship do Brasil Industria Aeronáutica e Serviços Aéreos Especializados estão disponíveis também para a manutenção e montagem de aeronaves de pequeno porte, serviços realizados em parceria com a Aerowood Serviços Aeronáuticos Ltda, oferece serviços voltados a produção, operação e treinamento:

Os serviços oferecidos são: pintura e reparos em aeronaves como solda, laminação, compósitos e montagem de kits de aeronaves. Complexo fabril com tecnologia moderna e mão de obra especializada para produção de estruturas e projetos metálicos, compósitos e de transporte. ADB torna realidade o projeto do cliente.



Figura 30: Montagem na aeronave

Fonte: http://www.adb.ind.br/produtosServicos_servicos.jsp



Figura 31: Reparo de solda em estrutura de gabarito

Fonte: http://www.adb.ind.br/produtosServicos_servicos.jsp

Prestação de serviços por dirigível ou aeróstatos com tripulação qualificada de acordo com a necessidade do cliente, sendo uma solução para diversas áreas e maior visibilidade da marca do cliente.



Figura 32: Tripulação de solo qualificada

Fonte: http://www.adb.ind.br/produtosServicos_servicos.jsp

Treinamento de mão de obra para operação de dirigíveis, como introdução à operação, habilitação de piloto e treinamento de equipe de solo.



Figura 33: Treinamento de equipe de solo

Fonte: http://www.adb.ind.br/produtosServicos_servicos.jsp

METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com as metas estabelecidas, o objetivo deste trabalho é obter uma pesquisa de aplicação com ênfase na manufatura aditiva como uma ferramenta essencial no desenvolvimento de produtos.

Proporcionar as características da tecnologia de impressão 3D, esclarecer algumas das questões que afetam o uso e a viabilidade de manufatura aditiva no processo produtivo e até que ponto a aplicação deve ser imposta para os produtos projetados nessas condições de tecnologia.

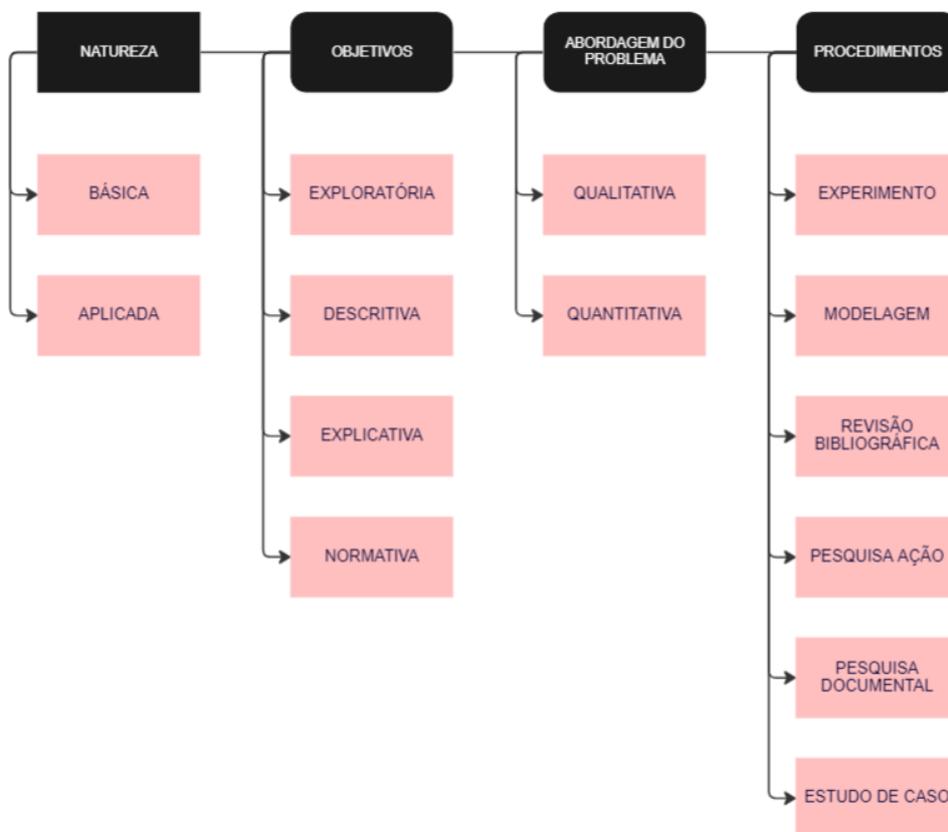


Figura 34: Fluxograma do método de pesquisa do trabalho

Fonte: Adaptado Knechtel (2014) e Gil (2002)

COLETA DOS DADOS

A fase de coleta de dados da pesquisa começou com a pesquisa e avaliação da importância de temas com conteúdo relevante para o desenvolvimento de tecnologias de impressão 3D e o progresso resultante para manufatura aditiva que apareceu nos portais de consulta.

Foi adotado um método de busca por palavras-chave como “Inteligência Artificial”, “Inovação”, “Indústria 4.0”, “Desenvolvimento de Produtos”, “Manufatura Aditiva” e “Impressão 3D”, sendo eficaz no retorno do material.

Além disso, durante a pesquisa, foi dada grande importância para descobrir o que é produzido sobre este tema, a fim de tirar possíveis conclusões comparando a situação de produção adicional da proposta com outros mercados que utilizam dessa tecnologia para o seu desenvolvimento.

Um questionário dividido em cinco categorias explorado em dados gerais da empresa, pré-desenvolvimento, atividades genéricas, desenvolvimento projeto informacional e pós-desenvolvimento foi aplicado para o responsável técnico e engenheiro aeronáutico da organização.

ANÁLISE DE DADOS

Com a finalização da fase de coleta do material, o processo se deu com a inserção das informações obtidas no roteiro sobre o assunto, para que fossem examinados serviu de elo para criar fluidez entre pontos específicos do assunto abordado nesta monografia.

Foi importante e decisiva a análise qualitativa do conteúdo do material obtido nesta etapa da pesquisa, cujas informações foram essenciais para a estruturação do trabalho.

Após a conclusão da fase de análise e a compilação dos dados elencados, iniciou-se a estruturação do trabalho escrito, com a estrutura preliminar de tal forma que os dados sejam expressos sequencialmente, de modo que as informações mais importantes, permitam entender os pontos de discussões e com a conclusão gerar evidências com ênfase em um resultado como foco do estudo.

PDP DA ORGANIZAÇÃO

A empresa possui procedimentos formais que são documentados para definir todo o fluxo das etapas do processo através dos manuais, ordens de produção, certificados de qualidade em materiais e processos que foram alterados durante a execução, já que passam pela aprovação da agência reguladora ANAC como etapa final e dar sequência na operação e comercialização do produto.

As discrepâncias entre departamentos são elementos que existem em uma organização antes de adotar um modelo de produção e envolver todos no processo de desenvolvimento do produto. Esses modelos são geralmente manuais ou informações disponíveis na intranet da empresa que permitem que todos permaneçam acessíveis e integrados em tudo o que acontece em relação ao processo produtivo.

Como os produtos da empresa são desenvolvidos/aprimorados, desde a ideia inicial até o início da produção de um novo produto ou variação de um produto existente, é realizada uma sessão de brainstorming com todos os “cabeças” dos respectivos departamentos da empresa, incluindo engenharia, produção, operações e qualidade para esclarecer os requisitos do projeto e os primeiros passos.

A equipe de engenharia começa a preparar todos os desenhos e blueprints do projeto para que a equipe de PCP possa cadastrar a estrutura no sistema ERP, muitas vezes essa etapa já contém gargalos e obstáculos.

Em seguida, é consultada a equipe de produção e informada sobre a atividade, junto com a produção, o PCP assume o planejamento e o sequenciamento das atividades. Uma vez iniciada a produção, são realizadas reuniões diárias de acompanhamento do processo de melhoria contínua e planejamento de mudanças para encontrar as melhores entregas e prazos.

A equipe se reúne diariamente para traçar um plano de ação com base na atividade atual e definir prazos e metas para o alcance das metas propostas. Essas conferências são realizadas pelos principais líderes em cada setor, isso se aplica tanto a campanhas em andamento quanto a reclamações de clientes/parceiros em potencial, a metodologia é a mesma.

De conversas com todos os envolvidos, de possíveis clientes que surgem, até ideias de funcionários. Como não há clientes no momento, a busca por produtos disponíveis não está sendo realizada, essa atividade foi deixada de lado, pois o foco agora é exclusivamente na certificação de produtos.

Entrando um pouco mais nos detalhes das fases, o pré-desenvolvimento, durante a qual é feito o planejamento estratégico do produto e o desenvolvimento onde ocorre o processo de coleta de informações, conceito, detalhamento, produção propriamente dita e lançamento do produto, é também monitorada um pós-desenvolvimento, observando o produto ou artigo no mercado e tomada decisões que definem o futuro do mesmo.



Figura 35: Fase de pré-desenvolvimento

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)



Figura 36: Fase de desenvolvimento

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)



Figura 37: Fase de pós-desenvolvimento

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)

A etapa experimental e de avaliação correspondem ao projeto detalhado e preparação para produção, e essas etapas envolvem o desenvolvimento de um protótipo, etapa experimental e testes para produção, etapa de avaliação.

Macro fase de pré-desenvolvimento

O estágio macro de pré-desenvolvimento é muito importante para a empresa, nela, os ideais são definidos e coletados. Restrições como recursos, tecnologia, pessoal, capacidades físicas e estrutura organizacional relacionadas à produção são avaliadas, priorizando projetos de acordo com os objetivos da empresa.

Esta fase traz algumas questões básicas sobre o plano estratégico da organização como por exemplo, “Onde estamos? Para onde vamos?” Com isso em mente, buscam-se as respostas para desenvolver melhores planos e estratégias inteligentes que conduzam a produção ao resultado desejado.

Planejamento estratégico

O PE é composto por três níveis: Corporativo, Negócios e Produtos. O nível da empresa define para onde ela quer chegar e qual a diferença que ela deve fazer no mercado.

Nos negócios, as organizações devem sempre se esforçar para alcançar melhores resultados e atuar em atividades táticas como distribuição e participação de mercado para atingir metas abrangentes definidas no nível corporativo. O último, trabalhando sob produto, trata de uma gama de projetos, produtos, serviços, tecnologias e outros elementos-chave relacionados à produção.

Todos são responsáveis pelo estágio macro de pré-desenvolvimento, existimos para liderar a empresa. Deste modo, é estimulada a sua compreensão em todos os departamentos da organização e são adaptadas táticas de trabalho específicas que conduzem ao cumprimento dos objetivos definidos.

Macro fase de desenvolvimento

Nesse macro estágio, ocorre a produção propriamente dita. Dessa forma, tecnologia, informação, matérias-primas e pessoas são combinadas para trazer produtos ao mercado.

Durante a fase de macro desenvolvimento, no início do desenvolvimento de um projeto, há um alto nível de incerteza, levando a tempos de execução reduzidos. Além disso, há muitas opções no início, que diminuirão com a maturidade e o nível de realização à medida que o projeto avança. Além disso, no que diz respeito aos custos, quanto mais tarde você pensar em mudar todo o projeto, mais caro será.

Além do desenvolvimento de produtos, a empresa também é responsável pelo desenvolvimento de estratégias de marketing e vendas para levar produtos ao mercado, comunicar e disponibilizar produtos ao público.

Macro fase de pós-desenvolvimento

A empresa monitora o ciclo de vida dos produtos comercializados, seu desempenho, índices de satisfação do consumidor, necessidades de suporte técnico, questões de pós-venda e decisões relacionadas ao congelamento e descontinuação de produtos no mercado.

Como companhia aérea, todos os processos devem ser documentados e seguidos rigorosamente. Erros são prováveis, como a maior parte do trabalho é humano e muito pouco é computadorizada, a defesa contra isso é criar procedimentos internos com técnicas e meios de ação.

Quando certas atividades não estão em conformidade com as práticas de fabricação padrão, devem ser estabelecidos procedimentos de manufatura que especifiquem a maneira correta de ação e fabricação.

A empresa apresenta disciplina nos preenchimentos das documentações relativas às fases e as atividades realizadas ao longo do PDP, já que essa documentação é única para cada artigo/produto inserido para contemplar o projeto como um todo. Se organiza e mantém seu planejamento através de um sistema de software ERP, desenvolvido pela própria equipe de TI da TBL.

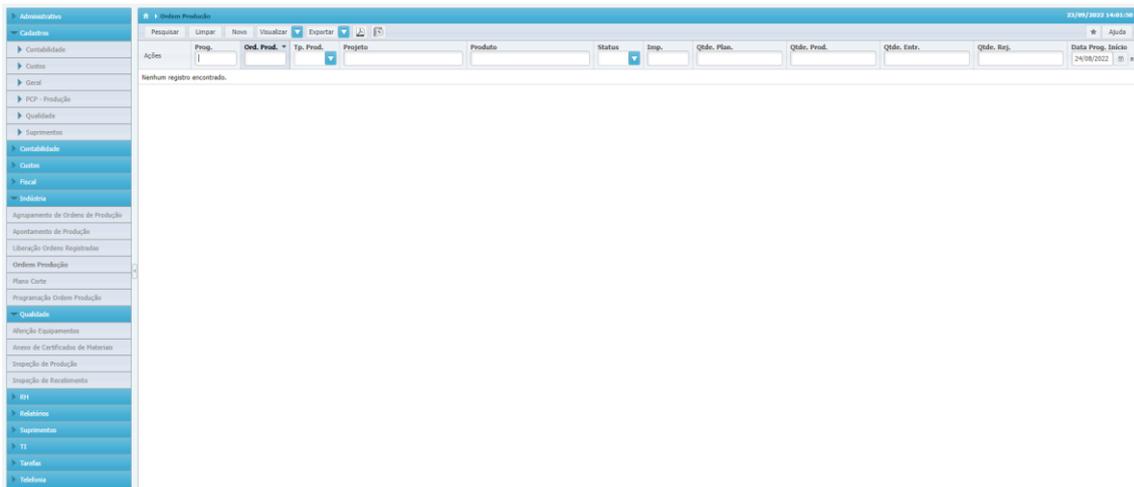


Figura 38: Sistema de software ERP usado na organização ADB

Fonte: Sistema interno da organização Airship do Brasil

A ADB segue normas/padrões do seguimento aeronáutico e das autoridades de aviação civis mundiais como FAR, RBAC, RBHA, CRS, ASTM, NAS, MIL STANDARD para o desenvolvimento de produtos.

A capacidade da empresa, “Quem? Como? Quando? Onde?”, são recursos necessários, visão e viabilidade de longo prazo dos produtos se atender a uma necessidade existente, são estratégias baseadas em informações coletadas para desenvolver ou melhorar um novo produto ou variante.

Então é gerada uma ordem de produção trazendo a especificação do artigo/produto a ser fabricado ou montado, insumos, procedimentos a serem executados, validação da conformidade de qualidade no produto final e desenho técnico.

Essa documentação deve ser preenchida e apontada por todos os setores envolvidos, do início até o fim. Uma vez preenchidas e encerradas adequadamente, as possíveis alterações durante o processo também ficaram registradas.

Se uma atividade der errado, um relatório de problemas, nomeado de PR é aberto pelos mecânicos da linha ou qualquer profissional que tenha se deparado com a circunstância, concentrando em uma questão em que irá acontecer ou diante de um problema específico não previsto. A estrutura segue o modelo da Figura 39.

	RELATÓRIO DE PROBLEMA PROBLEM REPORT – (PR)	
---	--	--

REQUERENTE: <small>Claimant</small>	PROJETO: <small>Project</small>	OP NR:	DATA DE SUBMISSÃO: <small>Claimance Date</small>
ITEM (S) AFETADO (S): <small>affected items</small>	SISTEMA: <small>System</small>		
PROBLEMA COM: <small>Problem Item</small>	<input type="checkbox"/> DOCUMENTO <input type="checkbox"/> DESENHO <input type="checkbox"/> PROCEDIMENTO <input type="checkbox"/> ERRO DE EXECUÇÃO <input type="checkbox"/> FUNCIONALIDADE <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO: <small>Document Drawing Procedure Execution error Functionality Other</small>		
OBSERVAÇÃO: <small>Note</small>			
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: <small>Problem description</small>			
PROPOSTA DE SOLUÇÃO: <small>Proposed Solution</small>			
PARTES AFETADAS: <small>Affected parts</small>	PARTE	PN	PARTE
DOCUMENTOS AFETADOS: <small>Affected documents</small>	NÚMERO DO DOCUMENTO	REV.	NÚMERO DO DOCUMENTO

Figura 39: Relatórios de problemas (PR)

Fonte: Sistema interno da organização Airship do Brasil

- 1 REQUERENTE: identificação do relator
- 2 PROJETO: nomenclatura do projeto em que o ocorrido aconteceu
- 3 OP NR: número da ordem de produção da peça ou montagem afetada
- 4 DATA DE SUBMISSÃO: data de abertura do ocorrido
- 5 ITEM (S) AFETADO (S): PN da peça ou montagem afetada
- 6 SISTEMA: nomenclatura do sistema mediante ao projeto afetado
- 7 PROBLEMA: categoria em que o tipo de problema se concentra
- 8 OBSERVAÇÃO: espaço para relato de informações relevantes
- 9 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: espaço para descritivo em detalhes do problema
- 10 PROPOSTA DE SOLUÇÃO: espaço para descritivo de uma solução pela linha de produção
- 11 PARTES AFETADAS: PN da peça ou montagem afetada
- 12 DOCUMENTOS AFETADOS: PN do desenho técnico da peça ou montagem afetada

Figura 40: Especificação de campos de um relatório de problemas

Fonte: Autoria própria

Com a abertura de um PR, existe uma comissão nomeada de CRM também conhecida como MRB, sendo uma equipe formada por pessoas da

Engenharia, Certificação, Qualidade, Produção, Comercial e Responsáveis Técnicos ADB, encarregada de analisar se artigos, seja até o nível de matéria-prima, peças, componentes, produtos e/ou processos que apresentam algum desvio (NC) podem ser aceitos, retrabalhados, descartados ou devolvidos ao fornecedor.

Até a disposição final do CRM, artigo/produto com desvio são mantidos na quarentena e os processos são suspensos. Em outro nível, a mesma equipe analisa as propostas de modificações requeridas, funcionando como uma CCM. Uma proposta de alteração, nomeada como CP é aberta. A estrutura segue o modelo da Figura 41.

		PROPOSTA DE ALTERAÇÃO CHANGE PROPOSAL – (CP)			CP#: <input type="text"/>
REQUERENTE: <small>Claimant</small>		PR:	DATA DE SUBMISSÃO: <small>Claimance Date</small>		
DATA CRM: <small>Date CRM</small>	TIPO DE ALTERAÇÃO: <small>Type of change</small>	<input checked="" type="checkbox"/> MINOR <input type="checkbox"/> MAJOR	ECO REQUERIDA: <small>Needed ECO</small>	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	<small>Yes No</small>
SOLUÇÃO: <small>Solution</small>					
APROVADO: <small>Approved</small>		<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	OBSERVAÇÕES: <small>Remarks</small>		
NÚM DOC AFETADO <small>Number of affected document</small>	REV.	TÍTULO <small>Title</small>	ÁREA RESPONSÁVEL <small>Responsible area</small>	PRAZO PREVISTO <small>Deadline Date</small>	
INSERT ADDITIONAL ROWS, OR ATTACH ADDITIONAL SHEETS AS NEEDED					
APROVAÇÃO: <small>Approved</small>		REQUERENTE <small>Claimant</small>	26/08/2022 <small>DATA / Date</small>	REVISOR <small>Reviewer</small>	26/08/2022 <small>DATA / Date</small>
		RESPONSÁVEL TÉCNICO <small>Technical Approval</small>	26/08/2022 <small>DATA / Date</small>		DATA / Date

Figura 41: Proposta de alteração (CP)

Fonte: Sistema interno da organização Airship do Brasil

- 1 REQUERENTE: identificação do relator
- 1 PR: número do relatório de problemas
- 1 DATA DE SUBMISSÃO: data de abertura da proposta de alteração
- 1 DATA CRM: data em que foi realizado a discussão com a comissão
- 1 TIPO DE ALTERAÇÃO: se é de maior ou menor porte
- 1 ECO REQUERIDA: se existe necessidade de mudança de engenharia
- 1 SOLUÇÃO: espaço descritivo de uma solução para a linha de produção dar continuidade
- 1 APROVADO: se houve permissão da comissão
- 1 OBSERVAÇÃO: espaço para relato de informações relevantes
- 1 NÚMERO DO DOCUMENTO AFETADO; REVISÃO; TÍTULO; ÁREA RESPONSÁVEL E PRAZO PREVISTO: espaço para identificações
- 1 APROVAÇÃO: requerente, revisor e responsável técnico devem assinar a formalização de solução

Figura 42: Especificação de campos de uma proposta de alteração

Fonte: Autoria própria

Com a abertura de um CP, pode haver a necessidade de uma ordem de mudança da engenharia para a equipe projetista, nomeada de ECO. A estrutura segue o modelo da Figura 43.

		ORDEM DE MODIFICAÇÃO ENGINEERING CHANGE ORDER- (ECO)		ECO#: <input style="width: 80px;" type="text"/>	
REQUERENTE: <small>Claimant</small>				DATA DE SUBMISSÃO: <small>Claimance Date</small>	
TIPO DE ALTERAÇÃO: <small>Type of change</small>		DESTINAÇÃO: <small>Responsible area</small>		PRAZO DE EXECUÇÃO : <small>Deadline Date</small>	
<input checked="" type="checkbox"/> MINOR <input type="checkbox"/> MAJOR					
NÚM. DO DOCUMENTO: <small>Document number</small>		REVISÃO: <small>Review</small>		NÚM. PR: <small>PR number</small>	
MODIFICAÇÕES <small>Modifications</small>					
VALIDAÇÃO: <small>Validation</small>		<input style="width: 100%;" type="text"/> REQUERENTE: <small>Claimant</small>		<input style="width: 100%;" type="text"/> DATA <small>Date</small>	
		<input style="width: 100%;" type="text"/> RESPONSÁVEL TÉCNICO <small>Technical Manager</small>		<input style="width: 100%;" type="text"/> DATA <small>Date</small>	
		<input style="width: 100%;" type="text"/> REVISOR <small>Reviewer</small>		<input style="width: 100%;" type="text"/> DATA <small>Date</small>	
		<input style="width: 100%;" type="text"/> APROVADOR <small>Approval</small>		<input style="width: 100%;" type="text"/> DATA <small>Date</small>	
Ordem de Modificação		p. 1 de 1		ADB-G-MD-53-00	

Figura 43: Ordem de mudança da engenharia (ECO)

Fonte: Sistema interno da organização Airship do Brasil

- 1 REQUERENTE: identificação do relator
- 2 DATA DE SUBMISSÃO: data de abertura da ordem de mudança
- 3 TIPO DE ALTERAÇÃO: se é de maior ou menor porte
- 4 DESTINAÇÃO: área responsável
- 5 PRAZO DE EXECUÇÃO: data limite para execução da mudança
- 6 NÚMERO DO DOCUMENTO: PN do desenho técnico da peça ou montagem afetada
- 7 REVISÃO: revisão em que se encontra o desenho técnico da peça ou montagem que passará por alteração
- 8 NÚMERO DO PR: número do relatório de problemas
- 9 MODIFICAÇÕES: espaço descritivo para as modificações que devem ser realizadas
- 10 APROVAÇÃO: requerente, revisor, responsável técnico e aprovador devem assinar a formalização de solução

Figura 44: Especificação de campos de uma mudança da engenharia

Fonte: Autoria própria

A equipe responsável pelo projeto tem especificações e objetivos claros para o produto a ser desenvolvido, pois as metas são estabelecidas pelo presidente da empresa e este prazo coordena as etapas de produção e documentação. A conformidade e coordenação junto com a ANAC é feita para garantir que as inspeções sejam realizadas em tempo hábil.

Parcialmente, a empresa é detentora de patentes para seus produtos, uma busca prévia é feita para se avaliar se há ideias parecidas, porém ainda assim é um ramo com baixa competitividade, até o momento não há empresas buscando o mesmo segmento, é a única no Brasil. Enquanto estiver na etapa de certificação e P&D não há busca por marketing ainda.

A organização tem foco em se manter na atuação como uma indústria de P&D e estratégia e defesa. Conta hoje com 25 funcionários e está a 12 anos no mercado.

EMBASAMENTO TEÓRICO

Com base nos objetivos do presente trabalho, pode ser classificado por objetivos de enquete que visam explorar os tópicos e hipóteses propostos e apresentar os supostos resultados finais em resposta às questões.

A pesquisa exploratória visa refinar ideias. Esse tipo de pesquisa geralmente é seguido por uma revisão teórica, a análise e compressão do tema e o procedimento deste trabalho é implementado como um estudo de casos múltiplos, cuja característica é investigar um fenômeno em um contexto real, possibilitando o desenvolvimento de novas teorias e compreensão.

A construção do estudo de caso segue a seguinte estrutura da Figura 45.

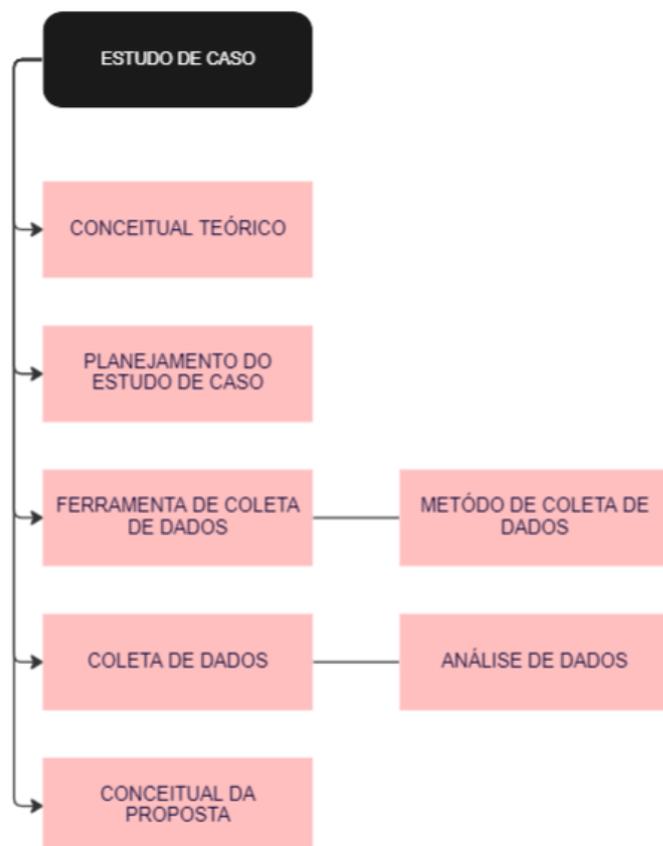


Figura 45: Fluxograma do estudo de caso

Fonte: Autoria própria

Na primeira etapa da pesquisa, é definida uma estrutura teórica conceitual sobre o tema para compreensão, nesta etapa, o referencial teórico é explorado por meio de mapeamento da literatura e fontes relacionadas aos tópicos de pesquisa e estudos de caso.

A segunda é definida como um estudo de caso transversal de casos, depois selecionar como alvo de pesquisa e definir o estudo de caso.

O terceiro passo é definir equipamentos e métodos de dados.

A quarta etapa após a coleta de dados, é validar para que se possa confirmar a aplicabilidade e a qualidade das informações, nos permitindo melhorar e ajustar a ideia da proposta inicial.

A quinta e última etapa é conceituar uma proposta, com validação de uma ideia baseado em problemas e possíveis soluções para futuras melhorias.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA é um campo de pesquisa interdisciplinar com raízes em ciência da computação, engenharia, psicologia, matemática e cibernética, cujo objetivo principal é demonstrar comportamento inteligente e realizar tarefas em um nível comparável ao deles. Um especialista mais humano faria isso.

Com o objetivo de resolver problemas de gerenciamento de força de trabalho do mundo real, essas soluções práticas estabelecem novos padrões de eficiência, forçando as empresas a repensar seus planos de negócios e encontrar maneiras de integrá-los.

Essas tecnologias oferecem oportunidades para otimizar os processos de negócios, antecipar problemas futuros e melhorar a produtividade dos funcionários. Assim, quando a tecnologia for utilizada de forma adequada, sua fábrica será mais eficiente, seus lucros aumentarão e seus custos serão reduzidos.

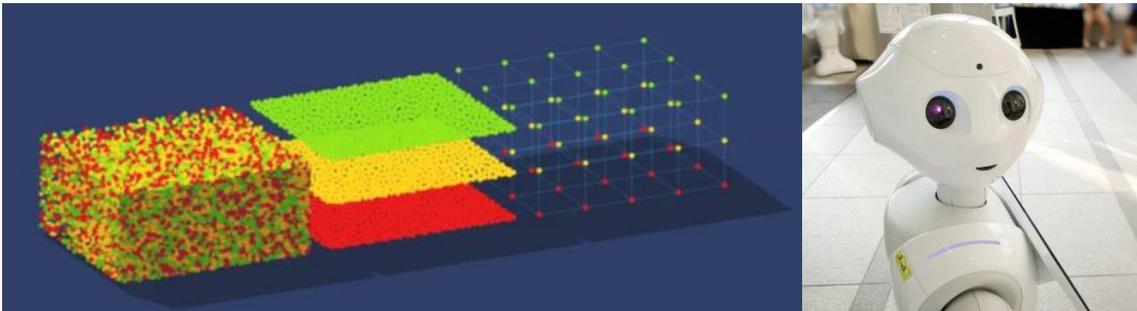


Figura 46: Reconhecimento de padrões inteligência artificial

Fonte: <https://efagundes.com/projetos-de-inteligencia-artificial/>

Figura 46 mostra um exemplo em que a IA pode ajudar no reconhecimento de padrões e explicar melhor a realidade. Uma pessoa que vê um cubo pela primeira vez geralmente não consegue reconhecer o padrão, mas quando os algoritmos de aprendizado de máquina são aplicados, o padrão é reconhecido e as regras de formação são estabelecidas.

Os aplicativos de IA em alguns nichos mostram otimismo em relação ao futuro do setor, ajudando as empresas a limitar o tempo que os trabalhadores humanos gastam em tarefas repetitivas e demoradas, simplificando os fluxos

de trabalho gerais de serviço de campo. Maximize a produtividade, reduza a eficiência, reduza os custos e mantenha uma vantagem competitiva.

Um dos fatores que impulsionam grande parte da incerteza em torno da IA é a previsão de que muitos dos empregos como os conhecemos hoje mudarão significativamente ou até desaparecerão.

Com o crescimento exponencial do mercado de tecnologias relacionadas à automação e IA, é normal que esse tema suscite alguma preocupação. A ideia é que, à medida que as máquinas assumam tarefas repetitivas e as tarefas humanas se tornem menos rotineiras, poderemos fazer melhor uso de nossas habilidades. Muito mais importantes são as qualidades que distinguem os humanos das máquinas, como criatividade, empatia e julgamento crítico.

A IA é apresentada como um complemento que potencializa as funções desempenhadas pelos humanos e não as substitui. O que realmente está acontecendo é a transformação das profissões.

À medida que as máquinas assumem as tarefas mais burocráticas, novas profissões se concentrarão na criação de novos itens e serviços ou na melhoria dos serviços existentes.

O futuro que nos espera exige conectar humanos e máquinas para atender às complexidades de fabricação do futuro. Sendo assim em outras palavras, "é melhor estarmos juntos".

Em 16 de agosto de 2020, Nei Grando compartilhou um artigo sobre IA com foco nos negócios. Este artigo é baseado em um resumo e adaptação do artigo da Forbes "*The Seven Patterns Of AI Written by Kathleen Walch*", no qual ele menciona casos de uso de IA e como fazê-los, se encaixando em um ou mais dos sete padrões comuns.

Reconhecimento: máquinas que podem reconhecer o mundo. Significa usar o aprendizado de máquina e outras abordagens cognitivas para identificar e determinar objetos ou outras coisas desejadas a serem identificadas na imagem, vídeo, áudio, texto ou principalmente outros dados não estruturados.

Conversacional: máquinas que podem se comunicar como seres humanos. Quando máquinas e seres humanos interagem por meio de formas conversacionais de interação e conteúdo através de uma variedade de

métodos, incluindo voz, texto e imagem. Inclui chatbots, assistentes de voz e análise de sentimentos, humor e intenção.

Análise preditiva: ajudando os humanos a tomarem melhores decisões. Implica no uso de aprendizado de máquina e outras abordagens cognitivas para entender como comportamentos passados ou existentes podem ajudar a prever resultados futuros ou ajudar os humanos a tomar decisões sobre resultados futuros com base nesses padrões.

Sistemas orientados a objetivos: resolvendo o quebra-cabeça. Com o poder do aprendizado por reforço e outras técnicas de aprendizado de máquina, as organizações podem aplicar o aprendizado de máquina e outras abordagens cognitivas para dar a seus sistemas a capacidade de aprender por tentativa e erro. Isso é útil quando você deseja que o sistema encontre a melhor solução para o seu problema, inclui jogos, otimização de recursos, solução de problemas iterativa, lances e leilões em tempo real.

Sistemas Autônomos: Reduza as Necessidades Manuais. São sistemas físicos e virtuais de software e hardware que podem executar tarefas, atingir metas, interagir com o ambiente e atingir metas com o mínimo de envolvimento humano, isso inclui todos os tipos de máquinas e veículos autônomos, como carros, barcos, trens, aviões, sistemas autônomos, como geração e documentação autônoma de conhecimento, processos de negócios autônomos e automação cognitiva, que podem trabalhar mais próximos dos humanos na tomada de melhores decisões.

Reconhecer padrões e anomalias: encontrar o que se encaixa e o que não se encaixa. Use aprendizado de máquina e outras abordagens cognitivas para aprender padrões em seus dados e aprender conexões de ordem superior entre pontos de dados para ver se eles se encaixam nos padrões existentes ou se são erros ou anomalias. As aplicações incluem detecção de fraude e risco para ver se as coisas são anômalas ou se as expectativas estão sendo atendidas. Encontre padrões em seus dados para minimizar ou corrigir erros humanos, também inclui reconhecimento de texto, que pode analisar padrões de fala e gramática para sugerir palavras e acelerar o processo de escrita.

Hiperpersonalização: tratar cada cliente como um indivíduo. Isso significa usar o aprendizado de máquina para criar um perfil para cada pessoa, permitir que esse perfil aprenda e se adapte ao longo do tempo para diferentes

finalidades, mostrar conteúdo relevante, recomendar produtos e fornece recomendações personalizadas.

INOVAÇÃO

As razões para a necessidade de inovação na tecnologia de produção incluem: avanços na tecnologia, novas formas de consumo, aumento da concorrência e mudanças no ambiente de negócios.

As empresas atuais exigem produtos modernos que proporcionem mais segurança e satisfação aos seus clientes. Os telefones celulares podem fazer tudo com aplicativos que conectam motoristas e passageiros, isso indica que os hábitos de consumo das pessoas mudaram, por isso os engenheiros de produção precisam inovar seus itens de consumo.

Países como a China com valores de produção muito baixos estão competindo com empresas brasileiras de alto valor. A competição é uma das razões para combinar invenção e engenharia de produção.

As empresas sempre irão colocar novas condições para que o engenheiro trabalhe, é importante que o profissional inove e saiba adaptar seu trabalho às novidades e às exigências, permitindo mais lucro com os produtos e serviços, opção de exportar os itens e geração de empregos com salários maiores. Por meio da inovação, é possível que se ganhe benefícios para todas as partes, tanto para as empresas e gestores e até para os clientes.

Há muito tempo, a informática tem crescido e dominado os escritórios, o aspecto inovador foi o fato de as anotações no papel terem sido substituídas pelos computadores e programas, por meio dos dados, o engenheiro de produção consegue saber sobre os gostos e tendências de um público.

As inovações no setor produtivo trazem novas formas de identificar informações, modernizar os processos, aumentar a produtividade, é possível usar os dados na hora de entender o que dá certo ou errado nos setores de produtos e serviços e atualmente é possível facilitar a compra e venda de mercadorias por meio da IA, que pode produzir lucro de forma mais rápida e atender mais clientes.

APLICAÇÃO NA ENGENHARIA

O número de aplicações aumenta a cada dia, na verdade, o termo IA é muito amplo, comumente associado ao aprendizado de máquina e recentemente foi popularizado com o termo aprendizado profundo.

O ML usa algoritmos para permitir que a IA desenvolva modelos analíticos, a partir deles, as máquinas criam interativamente aprendizado independente da programação inicial, geram insights e dão suporte a todo o processo de tomada de decisão.

O DL é uma rede neural que permite que a mineração de dados e o reconhecimento de padrões sejam realizados em grandes conjuntos de dados, fazendo com que não fosse facilmente quantificável ou classificável por outros métodos, permite que algoritmos preditivos processem diretamente informações que antes precisavam ser separadas e classificadas por humanos.

Com fundamento na prevenção e gerência de xequê com a IA, testes podem ser realizados sobre a qualidade das soluções e a eficiência dos materiais, por exemplo, a Autodesk lançou o BIM 360 Project IQ, um software que usa dados conectados e com aprendizado automatizado para supor e priorizar problemas de alto risco, fornece informações sobre os principais desafios enfrentados pelos gerentes de construção.

É possível inserir estrutura modular ou pré-fabricada em 3D, com grande parte realizada por robôs, a camada de ação humana será utilizada essencialmente para as fundações e a cumprimento dos projetos hidráulicos e elétricos, afora do estágio do acabamento.

A preservação preditiva ganhará maior dimensão pelo funcionamento das máquinas, equipamentos e peças de uma indústria, com intuito de prevenir interrupções na linha de produção, por exemplo, eles podem ser capazes de cruzar os dados recebidos dos sensores das máquinas da indústria com outras informações presentes na nuvem, oferecendo soluções fundamentadas aos gestores, como medir as perdas de recursos e produtos que uma peça defeituosa está causando na produção e procurar esta perda com base no custo que seria imputado em substituir por uma nova.

Tomada de decisões estratégicas definidas pela interpretação de dados extraídos de sistemas quanto ao ERP e BI, buscando por insights e

informações relevantes que colaborem para tomadas de decisões rápidas e mais seguras, assim, gerando maior clareza, criando alertas e prevenindo problemas que possam reprimir o perfeito progresso da linha produtiva.

Gestores atuando no monitoramento de projetos podem utilizar redes neurais, usando imagens geradas por drone e dados gerados por laser, capturando o aumento do projeto, para indicar à IA quanto criar “modelos gêmeos” em 3D para satisfazer aos modelos gerados por BIM. Podem, por exemplo, medir imagens coletadas por drones para emular defeitos com desenhos existentes, também é provável reconhecer riscos de garantia nos locais do projeto.

Com previsões e orientações comportamentais em época real, a logística além de otimizar rotas de tráfego, melhora a navegação, racionalizando a prática de combustível e encurtando prazos, pode limitar a inatividade da fabricação, o exagero de oferta e acrescentar a previsibilidade das remessas, tudo resultando em reduções de custos, encargos logísticos e variabilidade.

Ao medir lances de projetos anteriores e tornar elementos dos sucessos, evitando as falhas, os algoritmos de aprendizagem supervisionado e não supervisionado podem acrescentar a contribuição de conquistas de projetos.

Algoritmos discriminantes lineares ou quadráticos, por exemplo, podem melhorar o alcance de previsão de uma empresa para prezar a probabilidade de aceitação de um lead e a probabilidade de fechamento.

A previsão da entrega de tarefas e projetos, organiza o fluxo de demandas e te dá uma percepção do todo, gerando relatórios automatizados, otimizando a figura de verificar o ritmo das entregas e progresso da sua equipe, além de poder tomar os dados coletados nos locais de trabalho para reconhecer o comportamento inseguro e agregar dados para instruir futuras prioridades de treinamento e educação.

O desafio que a Engenharia enfrentará nos próximos anos é reduzir e manter os melhores talentos, os líderes podem deliberar essa complicação aplicando algoritmos não supervisionados de aprendizagem de máquina, quanto modelos de mistura gaussiana, que podem segmentar funcionários com base na probabilidade de atrito e desenvolvendo planos direcionados para retê-

los. O agrupamento K-means pode reconhecer potenciais pools de candidatos e condicionar estratégias de recrutamento para atrair o talento certo.

APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

A IA é amplamente utilizada nas indústrias para tornar os processos mais automatizados, eficientes e seguros, com investimentos significativos em tecnologia.

Uma pesquisa realizada pelo Gartner descobriu que 24% das organizações pesquisadas aumentaram seus investimentos em IA e 42% não mudaram seus investimentos, desde o início do Covid-19. Ela pode analisar e reconhecer padrões de comportamento do computador e tomar decisões independentes.

A indústria começou a substituir humanos por máquinas, realizando algumas tarefas repetitivas, mecânicas e até perigosas para tornar o ambiente de trabalho mais seguro.

Como as máquinas podem funcionar continuamente e não se cansam como os humanos, elas são utilizadas para tarefas mecânicas e repetitivas, e até mesmo manuseiam materiais tóxicos e explosivos nas linhas de produção, tornando a cadeia produtiva mais eficiente e segura.

A IA também pode emitir alertas de segurança proativos de riscos iminentes, falhas de equipamentos e condições de trabalho insalubres, como por exemplo determinar o grau de poluição do ar.

As tecnologias de IoT conectam várias máquinas e dispositivos, trocam informações entre si, geram dados que podem ser analisados imediatamente pela IA do sistema e ações preventivas são tomadas pelas próprias máquinas.

O próprio computador analisa a produtividade do seu equipamento, identifica potenciais falhas e alerta para a necessidade de manutenção preventiva, reduz custos de reparo e evita paradas repentinas na produção, reduzindo perdas e custos adicionais.

A IA gera muitos benefícios para a indústria e impulsiona o progresso no setor. Engenheiros que conhecem essa tecnologia definitivamente terão uma vantagem sobre seus concorrentes no mercado de trabalho. Hoje, a IA está mais difundida do que se imagina e já conquistou um espaço enorme.

Por exemplo, quando o serviço de streaming Netflix mostra recomendações de filmes e séries em sua lista? Com base no conteúdo que

você procura no serviço, a IA sugere um menu de atrações que você pode se interessar, o poder da IA que fará isso por você.

Os robôs que vem sendo dispostos na Quarta Revolução Industrial, agora chamada de Indústria 4.0, não se rebelam contra seus criadores. A IA tem a tarefa de otimizar o trabalho e melhorar a eficiência e a velocidade, assim, com a aceitação, essas empresas estão confiando em máquinas mais inteligentes para otimizar processos, melhorar resultados e ajudar a realizar atividades críticas para alcançar um crescimento impressionante. Isso não é mais a fantasia de um escritor de ficção científica, já é uma realidade para muitas empresas.

A IA na indústria não veio para eliminar empregos para os funcionários, veio para abrir portas para novas possibilidades, afinal, a inteligência pode ser artificial, mas o cérebro que a dirige permanece humano.

Consideramos os sistemas de gestão utilizados para a operação de máquinas e equipamentos para executar tarefas, bem como mais outras pautas que possuem o intuito de reduzir a realização manual do trabalho, os robôs já são usados na indústria com o intuito de facilitar o fluxo de produção, no entanto, diante da atual configuração dessas máquinas, elas poderão ser monitoradas por meio de sensores, os dados serão coletados e analisados graças a sistemas de IA que trabalham em conjunto.

Os benefícios que essa aplicação traz para o serviço compreendem a maximização da produção, a rapidez na identificação de problemas de funcionamento e o melhor desempenho no ciclo produtivo.

A manutenção preditiva é a atenção aos dados básicos dos equipamentos, como, por exemplo, temperatura, vibração e ruído, esses dados são analisados periodicamente e usados para verificar a necessidade de intervenção e o momento ideal para que isso seja realizado, é feita via sensores e telemetria, por exemplo, que auxiliam os funcionários a detectarem padrões e tendências.

Convivemos com a ajuda da IA para redução de custos com a linha parada, permitindo apontar a necessidade de reposição de peças com bastante antecedência, sem a necessidade de efetuar reparos somente com as paradas programadas, obtendo o número adequado de manutenções corretivas,

possibilita aumentar a produção e a ainda assegura mais eficiência nas operações, evitando possíveis erros.

A IoT, consiste na conexão em rede de vários objetos físicos que possuem sensores e outras tecnologias envolvidas. A IoT engloba a execução de tarefas comuns no dia a dia de uma pessoa, desde desligar as luzes quando as pessoas saem de uma sala até permitir que eletrodomésticos sejam programados por meio de smartphones, tecnologias como a Siri da Apple são exemplos de como a tecnologia está se infiltrando lentamente em nossas vidas diárias.

Para o setor industrial, a IoT também pode ajudar a construir modelos de manutenção preditiva, coletando dados em tempo real sobre a produção, definindo ações de resposta rápida, se necessário. Possibilita integração e comunicação cada vez mais constante entre os dispositivos utilizados no trabalho.

A IA está presente em muitas atividades do nosso dia a dia, ela pode trazer muitas melhorias, acelerar o trabalho e criar novas oportunidades para os técnicos dominarem novas tecnologias, como a computação em nuvem.

Com tantos benefícios, a IA, ao contrário da imaginação de muitos, tem o que é preciso para trazer mais facilidades para o futuro, ajudando a criar novas possibilidades.

INDÚSTRIA 4.0

A definição simplista é a forma como as máquinas se comunicam e utilizam as informações para otimizar o seguimento de produção, está muito associada a conectividade, perícia dos dados, IoT e IA.

São vários os pesquisadores que definem a Indústria 4.0:

Descreve a iminente quarta revolução industrial e vislumbra as smart factories nas quais humanos e robôs trabalharão cada vez mais próximos (WEISS, 2016);

É caracterizada pelas tendências tecnológicas de digitalização, autonomização, transparência, disponibilidade de informação em tempo real e colaboração (PFOHL, 2017);

Combina as conquistas tecnológicas dos últimos anos com a visão de futuro em que há sistemas de produção inteligentes e automatizados, nos quais um mundo real está ligado a um mundo virtual, assegurando um uso mais eficiente da informação disponível (ZAWADZKI; ZYWICKI, 2016).

Segundo a revisão bibliográfica feita por Sigahi & Andrade (2017, p.3) no artigo “A Indústria 4.0 na perspectiva da engenharia de produção no Brasil: levantamento e síntese de trabalhos publicados em congressos nacionais” as tecnologias mais utilizadas na Indústria 4.0 são:

Robótica avançada: robôs mais adaptáveis e flexíveis; futuramente, sua interação com outras máquinas e humanos será uma realidade cotidiana (SCHWAB, 2016, p.25);

Internet das coisas: descrita como a relação entre coisas (produtos, serviços, lugares) e pessoas, através de plataformas e tecnologias conectadas (SCHWAB, 2016, p.26);

Segurança cibernética: meios de comunicação cada vez mais confiáveis e sofisticados (RUBMANN et al., 2015, p.6);

Computação em nuvem: banco de dados capaz de ser acessado de qualquer lugar do mundo em milissegundos, por meio de dispositivos conectados à internet (RUBMANN et al., 2015, p.6-7);

Manufatura aditiva: produção de ampla gama de produtos por meio de impressoras 3D, por meio de adição de matéria-prima, sem o uso de moldes físicos (RUBMANN et al., 2015, p. 5; SCHWAB, 2016, p.24);

Realidade aumentada: já é utilizada em uma variedade de serviços; futuramente, sua abrangência será maior devido ao uso de informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões (RUBMANN et al., 2015, p.7);

Big Data e Analytics: identifica falhas, economiza energia, aumenta a qualidade e eficiência na utilização de recursos na produção (RUBMANN et al., 2015, p.5);

Inteligência artificial: pode reduzir custos, proporcionar ganhos de eficiência e até mesmo “computadorizar” empregos (SCHWAB, 2016, p.141-142);

Novos materiais: são mais leves e fortes, recicláveis e adaptáveis; podem ser “inteligentes” com propriedades como autorreparação ou autolimpeza (SCHWAB, 2016, p.25).

De acordo com a matéria publicada no Blog Unifor (2020) os dados da ABDI de 2018 mostraram que menos de 2% das organizações brasileiras estão inseridas na fábrica 4.0. O país tem muito a evoluir, com a pandemia do novo coronavírus que obriga as empresas a adotarem a descoberta para permanecerem no mercado, assim, cria oportunidades para o engenheiro de produção, pois é um profissional que atua em toda a cadeia produtiva de uma sociedade e é capaz de estipular processos inovadores.

Para o Professor Dario Allipradini (INDI4.0, 2018) o engenheiro de produção tem uma constituição multidisciplinar e é preparado para saber os diversos processos de organizações de diferentes áreas. O desafio para o posterior da ocupação é desenvolver projetos que realizem a ligação e a agregação desses processos, abarcando as áreas de fabricação, fornecedores, distribuição, coleção de tecnologias, em um âmbito de Indústria 4.0.

A Engenharia de Produção tem a finalidade relevante na otimização de processos industriais, sendo amplo de ministrar todas as informações para que se possibilite a cadeia de produção, tendo um baixo dispêndio e com eficácia, é certo receber sinergia nos processos e a grande aposta de um engenheiro de

produção nesta nova revolução, é estar apto de implementar a Indústria 4.0 no seu campo de trabalho.

As pessoas são a base no meio dos negócios e os negócios movem a sociedade, as novas tecnologias estão transformando a fábrica, trazendo melhorias e novos desafios.

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Em um mercado que exige soluções inovadoras e diferenciadas, o desenvolvimento de produtos é uma solução essencial para se manter à frente, a fim de atender às expectativas de nossos clientes, estamos engajados no desenvolvimento rápido e de alta qualidade de produtos.

O processo de desenvolvimento do produto começa com a coleta de informações sobre as necessidades e deficiências do mercado. A informação é transformada em ideias e, posteriormente, nos projetos e protótipos necessários para produzir o produto.

O pré-desenvolvimento deve estar alinhado com a estratégia da empresa e incorporar as ideias de todos os envolvidos com o produto, clientes internos e externos e demais responsáveis pelo PDP da empresa.

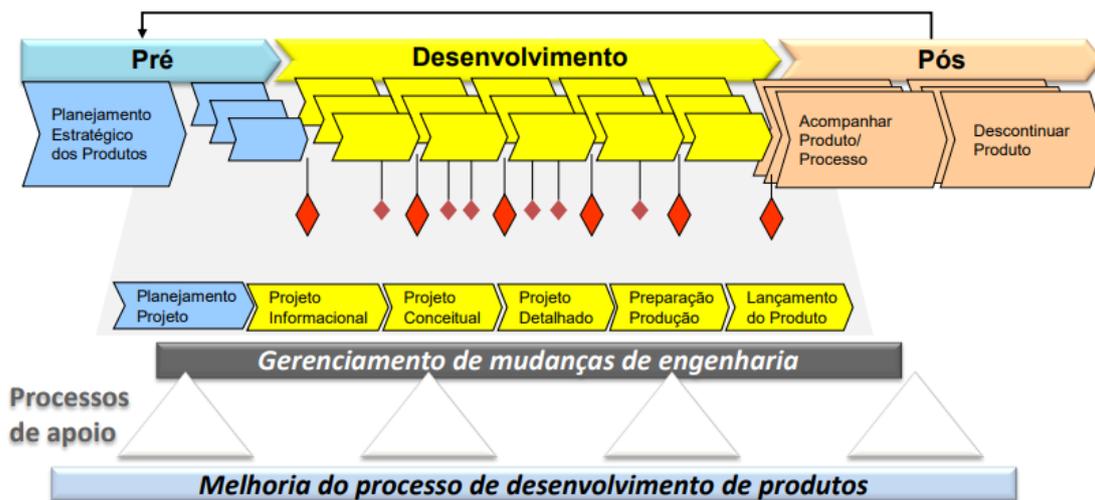


Figura 47: Estrutura de desenvolvimento de produto

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)

A macro etapa até agora se subdivide em: cogitação arduo dos produtos e de cogitação do processo, daquele modo percebe-se que a pré produção faz a ponte entre o objetivo do estabelecimento e os produtos desenvolvidos.

Após a estabilização do portfólio e a cogitação dos projetos tem-se a macro etapa de produção, é nesta macro que se encontram os dois principais

assuntos tratados nesta pesquisa, uma vez que em suas subdivisões restabelecido explicitados quão à produção dos protótipos.

A macro fase de produção pelas seguintes fases (ROZENFELD et al, 2006 apud COSTA, 2010):

Projeto Informacional: a partir das informações coletadas na macro fase anterior (pré-desenvolvimento) são desenvolvidas as especificações-meta do produto, isto é, as características técnicas que o produto deverá possuir para atender a necessidade do consumidor. Após estabelecer as especificações-meta são determinados os critérios de avaliação para a tomada de decisões das fases seguintes do desenvolvimento;

Projeto Conceitual: relaciona-se com a busca, criação, representação e seleção de informações tendo início na atualização das especificações-meta. A busca consiste em benchmarking. A criação é direcionada pelas necessidades e requisitos do produto. A representação por sua vez, ocorre junto à criação e é feita por meio de desenhos ou esquemas podendo ser manuais ou com auxílio computacional. Por fim, é realizada a seleção de informações baseada em métodos adequados às necessidades previamente definidas. Desta forma, esta fase elabora e define o conceito do produto, o qual é 20 composto por: integração dos princípios de solução; arquitetura, layout, estilo de produto etc;

Projeto Detalhado: desenvolve e finaliza todas as especificações do produto ou processo, que posteriormente serão encaminhados à manufatura e demais fases do desenvolvimento. É nesta fase que se obtém as especificações finais do produto quanto aos desenhos, tolerância, plano de processo, material de suporte ao produto, projeto das embalagens e seu término de vida. Vale ressaltar que é nesta subfase do desenvolvimento que é garantida o sucesso do produto, uma vez que aqui são detalhadas todas as especificações para o desenvolvimento do protótipo do mesmo e na fase seguinte é testada a sua manufaturabilidade, ou seja, capacidade de ser fabricado e reproduzido. O desenvolvimento de protótipo são parte das fases de projeto detalhado e preparação;

Preparação para Produção: inicia os produtos no mercado nas condições de manufatura atendendo aos requisitos definidos nas fases anteriores. Envolve a obtenção de recursos de fabricação, produção piloto (protótipo), otimização da produção, especificação dos processos e

manutenção, e capacitação de pessoal. Os protótipos são produzidos e testados e posteriormente homologados. Homologar é o mesmo que verificar se estes protótipos atendem todos os requisitos anteriormente definidos e/ou padrões específicos da indústria (ROZENFELD et al., 2006). Porém, é necessário verificar se a empresa possui capacidade de produzir os produtos com a mesma qualidade do produto piloto atendendo às mesmas necessidades e requisitos dos clientes ao longo do seu ciclo de vida. Este é o ponto abordado pela pesquisa que será explicitado no estudo de caso;

Lançamento do Produto: Insere o produto no mercado garantindo os serviços de atendimento ao cliente e assistência técnica, levando em consideração também as campanhas de marketing;

Após a conclusão das duas primeiras macros fases inicia-se a macro fase de pós-desenvolvimento, momento no qual a empresa busca alcançar suas metas de desempenho. Envolve duas fases: Acompanhar o produto e processo e descontinuar o produto (ROZENFELD et al. 2006 apud COSTA, 2010). Estas, porém, não fazem parte do escopo desta pesquisa.



Figura 48: Processo de desenvolvimento de produto

Fonte: Adaptado de Rozenfeld (2006)

Uma análise SWOT é uma técnica usada para identificar pontos fortes, oportunidades, fraquezas e ameaças a um negócio ou a um projeto específico, sendo uma ferramenta que ajuda as equipes a se planejarem estrategicamente e se anteciparem às tendências do mercado.

A análise SWOT é usada principalmente por organizações que variam de pequenas empresas e sem fins lucrativos a grandes corporações, mas podem ser usadas para fins pessoais e profissionais. Embora simples, uma análise SWOT é uma ferramenta poderosa para identificar oportunidades de melhoria em relação à concorrência. Isso permite que você desenvolva sua equipe e sua empresa, mantendo-se à frente das tendências do mercado.

É importante analisar cada um desses fatores para que você possa planejar adequadamente o seu desenvolvimento organizacional, sendo uma ótima maneira de coletar informações e registrar os problemas que levaram à sua decisão, não só é útil para referência posterior, mas também é útil para analisar padrões emergentes.

1. Forças
 - a. O que estamos fazendo bem?
 - b. O que distingue a nossa organização?
2. Oportunidades
 - a. Existem lacunas no mercado que os nossos serviços preenchem?
 - b. Quais os objetivos para o ano?
3. Fraquezas
 - a. O que poderia ser melhorado?
 - b. Quais recursos podem melhorar o desempenho?
4. Ameaças
 - a. Há mudanças no setor?
 - b. Quais são as novas tendências de mercado no horizonte?



Figura 49: Matriz análise SWOT na inserção de MA

Fonte: Autoria própria

Os sistemas tradicionais armazenam e estruturam os dados separadamente como blocos, gerenciados quando os dados são consultados ou manipulados, aumentando o potencial de redundância e duplicação de informações.

A teoria e a lógica usadas nos sistemas convencionais se desdobram da seguinte maneira. Primeiro, há o problema proposto que precisa ser resolvido, então as informações relevantes são armazenadas em uma estrutura de dados. Logo em seguida, é utilizado um programa que contém o conhecimento que o comando precisa para derivar uma solução. No entanto, especialistas humanos têm dificuldade em tentar interpretar ou modificar dados e informações sobre o problema.

A lógica do sistema especialista já contém informações e cálculos armazenados em estruturas de dados, juntamente com o conhecimento

necessário para descrever a relação entre informações e cálculos. Isso facilita a compreensão do raciocínio utilizado na resolução do problema.

O programa de sistema especialista não tem conhecimento da natureza do problema que as estruturas de dados descrevem.

Programa Convencional	Sistemas Especialistas
Representação e uso de dados	Representação e uso de conhecimento
Algorítmico	Heurístico
Processo iterativo	Processo de inferenciação
Manipulação efetiva de grandes bases de dados	Manipulação efetiva de grandes bases de conhecimento

Tabela 1: Comparação entre sistemas convencionais e sistemas especialistas

Fonte: Adaptado de Morales (2012)

MANUFATURA ADITIVA

Segundo Giordano; Zancu; Rodrigues (2016), manufatura aditiva é um termo utilizado para se referir a técnicas utilizadas na fabricação de objetos físicos por meio de fontes de dados criadas em sistemas de projeto computacional. No entanto, essas ferramentas são utilizadas não apenas para a produção de modelos, mas também para o acabamento dos produtos.

Gibson, Rosen e Stucker (2009, pp. 193-198) também se referem à manufatura aditiva como um sistema no qual os processos de operações fabris convertem diretamente dados CAD 3D em objetos físicos.

Paritala, ManChikatla, Yarlagadda (2017), manufatura aditiva é uma tecnologia avançada que substitui as operações de manufatura baseadas em processos por operações baseadas em modelos. Os chamados métodos de produção não convencionais são processos subtrativos e de conformação, ou seja, têm que retirar material do bloco ou dependem da matriz formadora para fazer os produtos. Na MA, a fabricação é baseada na estratificação controlada de material com base em um modelo de peça virtual, que, portanto, não depende de máquinas ou ferramentas de produção complexas.

O uso de tecnologias mudou nos últimos 30 anos. as primeiras aplicações focavam em modelos e protótipos conforme a tecnologia se desenvolvia. Hoje, a tecnologia também é vista como alternativa na fabricação de peças e produtos de uso final (THOMPSON et al., 2016). No entanto, nem todas as peças são técnicas ou economicamente viáveis para a manufatura aditiva. Isso requer uma melhor compreensão de quando, por que e como os componentes são projetados ou redesenhados de acordo com as capacidades e limitações associadas a essas tecnologias.

As indústrias aderiram essa tecnologia para reduzir o tempo de desenvolvimento de produtos, chegar ao mercado mais rapidamente e incluir recursos personalizáveis para aumentar a eficiência de custos e o valor.

Na fase de tecnologia de seleção, os métodos são baseados em sistemas de decisão. Por exemplo, Manchanares et al. (2015) usam um método de análise hierárquica para desenvolver uma solução para o método de manufatura aditiva e seleção de máquinas com base nas características da peça. O método vem acompanhado das limitações do detalhamento,

representado apenas pelas dimensões e materiais mapeados pelos autores e pela análise entre métodos e máquinas.

O benefício econômico do processo é complexo, a manufatura aditiva apresenta custos padrão para quase todo produto fabricado, tendo em vista que os custos de produção estão praticamente relacionados à matéria-prima e ao pós-processamento (RODRIGUES et al., 2017). Dessa forma, a viabilidade econômica do processo é alcançada apenas para produtos que representam alta complexidade geométrica ou composição de materiais, constante mudança de projeto, sob encomenda ou em pequenas tiragens. Considerando que os custos dos processos tradicionais de fabricação diminuem à medida que o número de peças produzidas aumenta

Explorar as liberdades geométricas e materiais da manufatura para peças de uso final define um mundo de possibilidades (THOMPSON et al., 2016). Essas liberdades de design possibilitadas pelos recursos podem ser vistas nas seguintes categorias (YANG; ZHAO, 2015):

Complexidade da forma: quase qualquer forma pode ser construída, as matrizes de unidade única são práticas, a geometria personalizada é facilmente alcançada e a otimização da forma é mais fácil.

Complexidade hierárquica: Estruturas hierárquicas de diferentes escalas podem ser projetadas e produzidas a partir de uma microestrutura, até uma macroestrutura em escala de bloco. A ideia básica por trás das estruturas hierárquicas é que funções menores podem ser adicionadas a objetos em uma escala de tamanho, e funções menores podem ser adicionadas a cada objeto menor.

Complexidade do material: o material pode ser usinado um ponto ou uma camada por vez, permitindo a produção de peças com composição de material complexa e gradientes de propriedade de engenharia;

Complexidade funcional: ao construir unindo peças, a parte interna da peça está sempre acessível. Ele permite a integração intensiva de diferentes áreas de design para realizar a multifuncionalidade. Por exemplo, mecanismos de acionamento e componentes embutidos podem ser produzidos diretamente para obter peças multifuncionais.

Para concretizar o potencial das aplicações da manufatura aditiva, foram desenvolvidos diversos processos que permitem o uso de materiais que vão desde plásticos a metais no desenvolvimento de produtos. Gibson (2009, pp. 193-198) geralmente definem oito etapas necessárias para a fabricação por manufatura aditiva.

CAD: toda peça a ser produzida por manufatura aditiva deve ter sua geometria definida por um modelo numérico. Deste modo, poderá empregar praticamente qualquer software profissional de CAD ou softwares e equipamentos de engenharia reversa, como scanners.

Conversão para STL: o formato aceito em praticamente todos os equipamentos de manufatura aditiva é o STL, que é o padrão da indústria no momento.

Transferência para a máquina de manufatura aditiva e manipulação do arquivo: o arquivo representando a peça deve ser transferido para o equipamento em que será produzida. Possíveis mudanças para corrigir o posicionamento, tamanho ou orientação da peça no arquivo podem ser necessárias.

Configurar a máquina: pode ser necessário definir alguns parâmetros na máquina, como espessura das camadas, dentre outros.

Produção: a produção por manufatura aditiva é automatizada, com baixa necessidade de supervisão humana direta; esta ocorre basicamente para garantir o suprimento de materiais, a descarga da máquina e para prevenir/atuar em eventuais problemas.

Remoção: após o fim da produção, a peça deve ser retirada da máquina

Pós-processamento: após a produção, pode haver necessidades de atividades adicionais, como a retirada de estruturas de suporte e limpeza. Tratamentos podem ser necessários para garantir qualidades estéticas à peça, como pintura e tratamentos de superfícies, ou as características físicas desejadas, como resistência e dureza.

Aplicação: a peça está pronta para ser usada.



Figura 50: Etapas necessárias para a fabricação por MA

Fonte: Autoria própria

Berman (2012) afirma que a produção de peças com projetos complexos possui algumas características fundamentais da manufatura aditiva. Em outras palavras, reduz o número de etapas e processos envolvidos na fabricação do objeto e economiza material.

A fabricação de uma única peça com forma complexa usando métodos convencionais requer o uso de várias máquinas, ferramentas especializadas e vários outros processos de usinagem e acabamento para produzir o produto final. Desta forma, o mesmo componente pode ser fabricado em uma única etapa ou em menos etapas usando técnicas de manufatura aditiva. As peças são criadas a partir de material de sucata, reduzindo o refugo de material associado à usinagem no processo de fabricação.

Devido ao sucesso das atividades que envolvem a manufatura aditiva e o impacto da digitalização da produção em curso na indústria, mídias como a internacionalmente aclamada revista britânica *The Economist* (2012) têm meios de produção motivados que passaram a ser enfatizados e transformados.

The Economist (2012) também observou que sem manufatura aditiva, inovação e investimento poderiam desencadear uma nova revolução industrial, e que a manufatura aditiva não tem economias de escala mínima. Os custos são quase totalmente variáveis (matérias-primas, energia, etc.), isso significa que o preço unitário de uma peça é praticamente o mesmo, independentemente de a peça ser fabricada em uma única unidade ou em milhares de unidades.

Segundo a revista norte-americana de tecnologia e negócios *Wired* (2012), a manufatura aditiva está transformando o mercado de bens de consumo ao promover a produção local e impressoras 3D instaladas em casa.

É vendido não apenas para consumidores, mas também globalmente por meio de serviços de manufatura aditiva, como as empresas Shapeways e Ponoko.

The logo for Shapeways, featuring the word "SHAPEWAYS" in a bold, red, sans-serif font.

Figura 52: Logo da organização Shapeways

Fonte: <https://www.shapeways.com/>

The logo for Ponoko, featuring the word "Ponoko" in a dark blue, serif font with a red diamond shape above the 'o'.

Figura 51: Logo da organização Ponoko

Fonte: <https://www.ponoko.com/>

A Shapeways é uma empresa holandesa de mercado e serviços de impressão 3D de capital aberto, com sede em Nova York. fornece serviços de manufatura aditiva OTTO de terceiros para tornar a impressão 3D de classe mundial mais acessível a todos por meio de automação, inovação e digitalização. Desenvolvido como software proprietário pelos engenheiros da Shapeways, o OTTO é um sistema de pedidos abrangente que gerencia todo o processo de produção, desde o upload seguro de modelos 3D até a entrega rápida em embalagens personalizadas.

A Shapeways desenvolve softwares específicos e mantém uma ampla gama de materiais e técnicas para agilizar as cadeias de suprimentos, reduzir as barreiras de fabricação e acelerar a entrega de produtos impressos em 3D de qualidade.

As soluções de fabricação digital da Shapeways permitem que mais de 1 milhão de clientes em todo o mundo fabriquem mais de 21 milhões de peças usando 10 tecnologias diferentes e 90 materiais e acabamentos diferentes, enviados para 160 países.

Em 2007, nasceu a Ponoko, primeira plataforma de hardware digital do mundo, de CAD a fabricação e marketing, sendo um pequeno grupo com grandes sonhos. Acredita-se em um futuro de fabricação digital que libera a criatividade e acelera o progresso humano. É por isso que construíram a “fábrica do futuro”, é um fluxo de trabalho criativo digital que torna mais rápido, mais barato e mais fácil do que nunca, passando da ideia para um produto.

Acreditamos em um futuro digital que libera a criatividade de hardware para acelerar a humanidade. Somos equipamentos de overdrive para engenheiros e empresas iniciantes, comercializados por nossa primeira fábrica

digital personalizadas para montagens de produtos. Os clientes produzem satélites espaciais, robôs de inteligência artificial, carros autônomos, dispositivos de IoT agrícolas, dispositivos de biotecnologia, drones e muito mais.

Embora a qualidade das peças produzidas ainda seja parcialmente limitada em relação aos meios tradicionais de fabricação, a manufatura aditiva possui uma série de características especiais que estão se tornando cada vez mais comuns em suas aplicações.

De fato, Sealy (2012) levanta algumas questões sobre a integridade estrutural do produto final produzido pela manufatura aditiva. No entanto, os autores enfatizam que os benefícios dessa tecnologia superam suas limitações. Segundo Berman (2012, pp. 115-162), as condições para fabricação de peças de projetos complexos, facilidade de compartilhamento de projetos, otimização do uso de materiais, produção automatizada e capacidade de fabricação de peças funcionais são aditivas.

Holmström (2010, pp. 687-697) fornece projetos customizados para produtos manufaturados, mudanças de projeto mais rápidas para pequenos lotes de peças e uma cadeia de suprimentos simplificada por meio da manufatura aditiva, tem se mostrado economicamente viável. Ao destacar todas essas vantagens, Berman (2012, pp. 115-162) afirma que a manufatura aditiva possui como fatores limitantes: a menor precisão dimensional em relação aos métodos convencionais de produção, possui uma pequena variedade de materiais, disponibilidade limitada de cores e acabamentos superficiais e resistência limitada à tensão, ao calor e à umidade elevada.

Além disso, ressalta-se também que a manufatura aditiva tem custos elevados para a produção em massa de produtos, e se esses custos não forem devidamente endereçados, os benefícios da falta de economias de escala podem ser prejudicados. Se uma máquina requer um grande investimento, esse investimento deve ser recuperado em volumes de produção relativamente altos, mesmo com diferentes graus de peças.

Para Braga (2017, p. 8): O processo de manufatura aditiva, também conhecido como impressão 3D, consiste em adicionar materiais camada por camada para criar a forma desejada. Seu princípio baseia-se no fato de que

todos os objetos, independentemente de sua complexidade geométrica, podem ser decompostos em várias camadas e reconstruídos.

Este processo permite que o projeto de componentes físicos seja totalmente automatizado. Permite que componentes físicos com diferentes tipos de materiais, geometrias e princípios diferentes sejam produzidos de forma relativamente rápida em comparação com os métodos tradicionais de fabricação (VOLPATO, 2017).

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES

O que antes era exclusivo agora pode estar presente em empresas, escolas e até residências, as impressoras 3D chegaram para ficar.

Tudo começa com a criação de um modelo 3D em seu computador, você pode criar um modelo do zero usando softwares como Autocad, Blender, Maya ou Sketchup, ou usar um scanner 3D para copiar o objeto real e transferi-lo para esses programas. Em seguida, você precisa preparar o modelo para impressão usando o próprio programa do fabricante da impressora.

Não muito tempo atrás, um programa de impressão 3D consistia em muitas partes, algumas controlando o movimento da extrusora, algumas otimizando arquivos e algumas preparando camadas na resolução adequada.

Esses comportamentos são derivados da metodologia RepRap de código aberto que popularizou esses dispositivos. A maioria das impressoras 3D modernas vem com o programa em disco ou fornece esse software como download, eles são compatíveis com Windows e, em muitos casos, também com MacOS e Linux. Assim que seu modelo 3D estiver pronto em seu computador e reconhecível por sua impressora, tudo o que você precisa fazer é imprimi-lo.

Existem vários processos de impressão 3D, mas todos eles contam com um dos dois métodos: derreter filamentos de plástico ou secar resinas líquidas com laser. Em 2010, a ASTM desenvolveu um conjunto de padrões para classificar esses processos em sete categorias.

1. Fotopolimerização em cuba
 - a. Estereolitografia (SLA)
 - b. Processamento de luz digital (DLP)
 - c. Produção contínua de interface líquida (CLIP)
2. Jateamento de material
3. Jateamento aglutinante
 - a. Fabricação por filamentos fundidos (FFF)
 - b. Desenho de contorno
4. Fusão em cama de pó

- a. Sinterização seletiva a laser (SLS)
 - b. Sinterização direta de metal a laser (DMLS)
5. Laminação de folhas
6. Deposição de energia direcionada

Fotopolimerização em cuba

As impressoras desta categoria possuem um tanque de resina líquida sob o cabeçote da máquina e são equipadas com uma fonte de luz UV. Essa fonte de luz realiza a cura em determinados pontos do líquido, endurecendo-os e formando a peça.

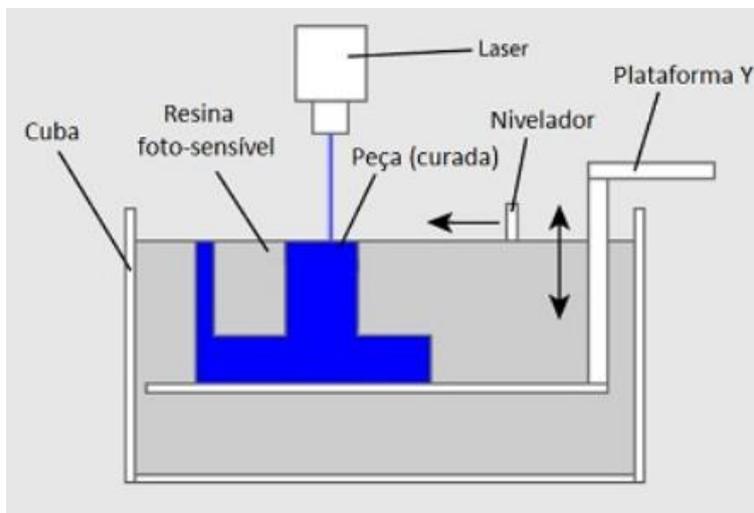


Figura 53: Esquema de funcionamento da Fotopolimerização em cuba

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Estereolitografia

Também conhecido como SLA ou SL, uma técnica que vem sendo utilizada desde 1990, em vez de uma matriz que libera o plástico fundido, um feixe de laser UV atua em contato com a resina líquida fotossensível no recipiente subjacente e endurece e forma as paredes da peça. Se a peça tende a tombar durante a impressão, o software cria suportes para segurá-la, em seguida, ele deve ser removido manualmente da peça.

Processamento de luz digital (DLP)

Refere-se a um processo de impressão que utiliza polímeros leves e fotossensíveis, ao contrário da estereolitografia, que utiliza fontes de luz tradicionais, como lâmpadas de arco.

Produção contínua de interface líquida (CLIP)

Uma nova tecnologia que utiliza fotopolimerização ultrarrápida em cuba.

Jateamento de material

Nesse processo, o material é ejetado como gotas de um bico de pequeno diâmetro, semelhante a uma impressora tradicional a jato de tinta, mas depositado camada por camada em uma plataforma para criar uma peça, que é então exposta à luz UV para formar um plástico rígido.

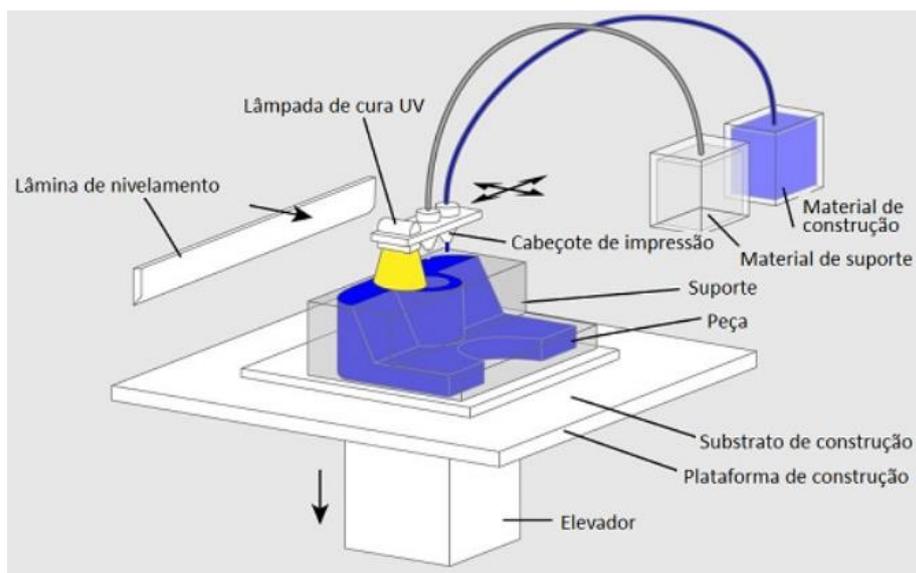


Figura 54: Esquema do processo de jateamento de material

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Jateamento aglutinante

Dois materiais são usados, um material de base em pó e um aglutinante líquido. O pó é distribuído por nível em uma camada uniforme na câmara de construção, e o aglutinante é aplicado por meio de um bico de injeção que 'cola' as partículas de pó, tomando a forma da parte desejada nessa camada.

O processo resume-se assim a esta alternância entre o nível que reflete o pó e o bocal que aplica o aglutinante. Há trabalhos que são mergulhados em pó de base no final da impressão. Este pó não aglomerado pode ser removido com pincel ou aspirador e reutilizado para a próxima impressão.

Esta tecnologia foi desenvolvida no Instituto de Tecnologia de Massachussets em 1993 e foi licenciada exclusivamente para a Z Corporation em 1995.

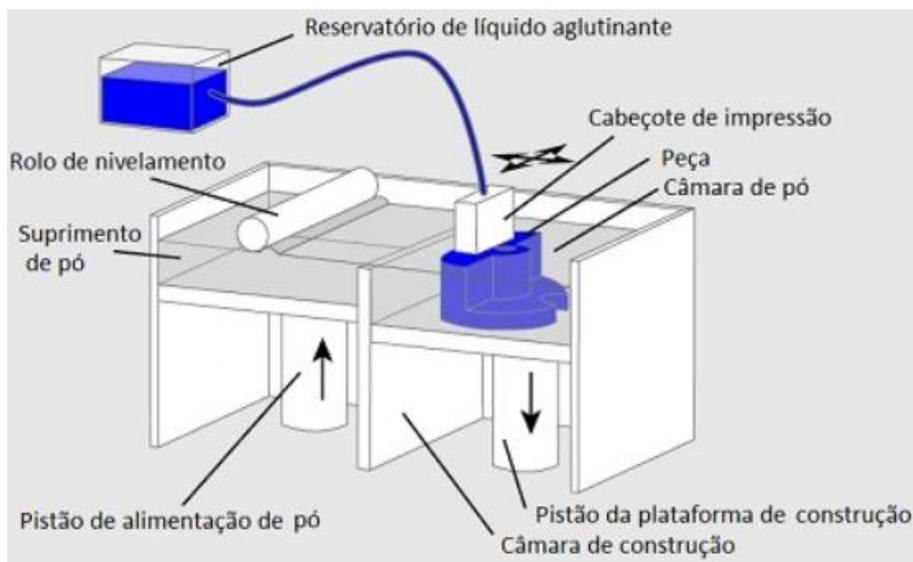


Figura 55: Esquema do processo de jateamento aglutinante

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Fabricação por filamentos fundidos (FFF)

Também conhecida pela técnica de modelagem por deposição fundida (FDM), essa técnica é mais conhecida e utilizada atualmente e consiste em desenhar uma peça camada por camada, derramando continuamente um fio de plástico sobre uma superfície. Comercializado em carretéis, esse fio entra no cabeçote da impressora, que nada mais é do que uma pequena extrusora, onde é derretido.

Os materiais mais utilizados para a produção de filamentos são o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), que é amplamente usado na indústria e está presente em vários eletrônicos que você tem em casa, mesmo que não tenham sido produzidos por uma impressora, e o PLA (Ácido Poliláctico), que é um material que funde numa temperatura menor, tem mais brilho, e não necessita

de uma plataforma de impressão aquecida, em contrapartida, o PLA deixa a peça mais frágil.

Existem ainda outros plásticos e compostos utilizados, como poliestireno de alto impacto (PSAI), compostos de madeira, bronze e cobre, poliamidas (nylon), poliéster, PVA, PET, policarbonato, ABS/PC e outros. Cada um com seu ponto de fusão e suas particularidades de uso, o que limita os modelos de impressora que podem processá-los.

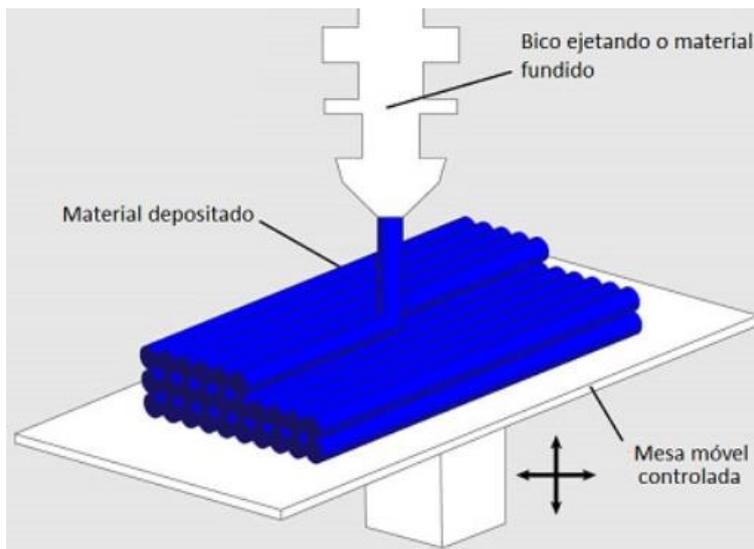


Figura 56: Esquema do processo FFF ou FDM

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Desenho de contorno

Este é certamente o método mais adequado para construir casas e estruturas semelhantes com uma impressora 3D. Nele, o bico de impressão primeiro delinea a peça e cria reforços em ziguezague, se necessário. Esta impressora funciona principalmente em concreto, então não é nosso foco, mas o uso em pequena escala com plástico não está descartado.

Fusão em cama de pó

Sinterização seletiva a laser (SLS)

O processo SLS usa um laser de alta potência para fundir o pó de plástico, cerâmica ou vidro em uma massa com o formato de peça desejado. A superfície em pó é escaneada para que o laser saiba onde derreter. Após

despejar a primeira camada, uma nova camada de pó é aplicada na plataforma e o processo se repete até que a peça esteja completa. O processo é muito semelhante ao jateamento aglutinante, mas usa um laser em vez de um cabeçote para dispensar o aglutinador líquido.

Sinterização direta de metal a laser (DMLS)

Praticamente igual ao SLS, a única diferença é que esse método usa metal.

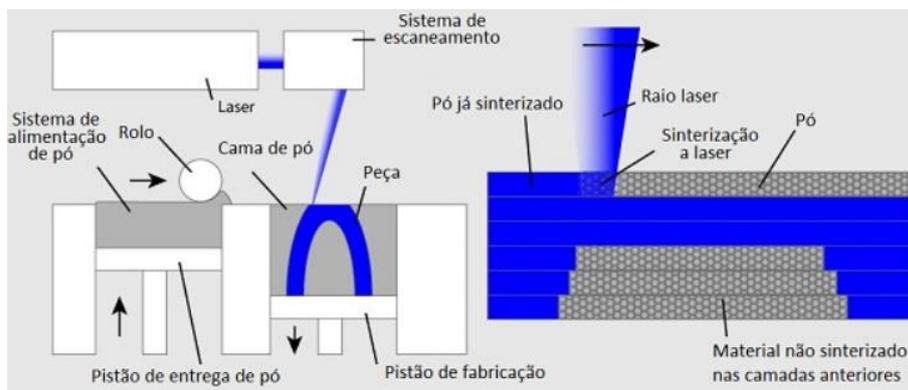


Figura 57: Esquema de processo de sinterização seletiva a laser

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Laminação de folhas

Nesse processo, folhas de metal, papel ou plástico são coladas umas sobre as outras. As chapas de metal são soldadas camada por camada usando soldagem ultrassônica e depois usinadas na forma desejada. Esse tipo de impressora que trabalha com papel usa cola para unir as camadas e a “usinagem” com lâminas.

A vantagem desse tipo de impressora é que pode produzir peças coloridas, principalmente em papel. Uma das impressoras atuantes neste espaço é a Mcor.

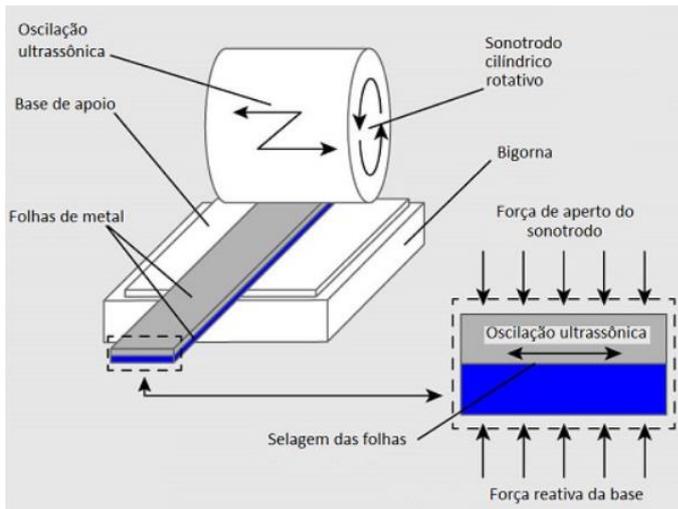


Figura 58: Esquema do processo de laminação de folhas metálicas

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

Deposição de energia direcionada

Aplicado a metais, esse processo é mais comumente usado em indústrias de manufatura de alta tecnologia e alta velocidade. O dispositivo consiste em um braço robótico multiaxial e um bocal que deposita pó ou filamentos de metal em uma superfície e os derrete com uma fonte de energia, como laser, feixe de elétrons ou plasma para formar um sólido.

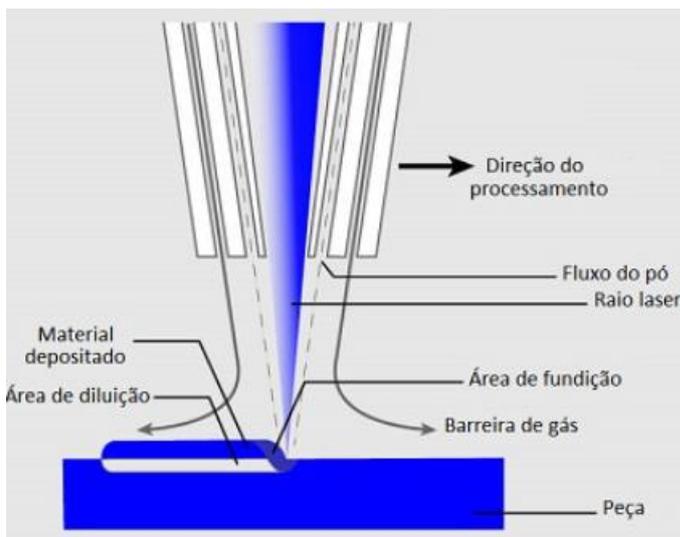


Figura 59: Esquema do processo de deposição de energia direcionada

Fonte: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/impressao3D.asp>

A classificação das tecnologias de manufatura aditiva é feita na literatura de acordo com o processo de transformação do material, como extrusão, fusão e polimerização (THOMPSON et al., 2016) ou de acordo com a forma do material utilizado matéria-prima, como pó, filamento e resinas fotossensíveis (RODRIGUES et al., 2017).

A Tabela 2 mostra a classificação de acordo com a matéria-prima e os princípios e aplicações da produção física.

Matéria-prima	Processo	Material	Princípio	Aplicações
Líquido	Stereolithography (SLA)	Polímeros fotossensíveis	Produção de peças de polímero a partir da solidificação destes com um laser	Protótipos, moldes
	Multi-jet Modeling (MJM)	Acrílico fotossensível, plástico e cera	Produção de peças a partir da solidificação do material depositado por flash de uma iluminação ultravioleta (UV)	Protótipos, moldes
	Rapid Freezing Prototyping (RFP)	Água	Produção de peças a partir do congelamento das gotículas de água depositadas	Protótipos, moldes
Filamento/Pasta	Modelação por extrusão de plástico (FDM)	Termoplásticos	Produção de peças por extrusão do plástico por bico extrusor em uma base	Protótipos, moldes
	Robocasting	Pasta cerâmica	Produção de peças com a extrusão de pasta cerâmica	Objetos cerâmicos
	Freeze-form Extrusion Fabrication (FEF)	Pasta cerâmica e água	Produção de peças com a extrusão de pasta cerâmica aquosa	Objetos cerâmicos
Pó	Sinterização seletiva a laser (SLS)	Alumide; Carbon Fibre; PA 1101; PA2200/2201; PA 2221; PA2202; PA 2210; PA3200; PAEK; Polystyrene	Produção de peças por meio do processo de sinterização de camadas de pó	Protótipos; partes aeronáuticas; partes motores automotivos; peças especiais para indústria; moldes
	Selective Laser Melting (SLM)	Stainless steel 316L e 17-4PH; H13 tool steel; Aluminium Al-Si-12 e Al-Si-10; Titanium CP, Ti-6Al-4V e Ti-4Al-7Nb; Cobalt-chrome ASTM75; Inconel 718 e 625	Produção de peças de metal por meio da fusão de camadas de pó de metal por um laser	Implantes médicos; partes aeronáuticas; partes motores automotivos; trocadores calor; moldes; peças especiais para indústria
	Electron Beam Melting (EBM)	Cobalt-chrome ASTM F75; Titanium Ti-6Al-4V, Grade 2;	Produção de peças de metal por meio da fusão de camadas de pó de metal por um arco elétrico	Implantes médicos; partes aeronáuticas; partes automotivas
	Laser Metal Deposition (LMD)/ Laser Engineered Net Shaping (LENS)/ Direct Metal Deposition (DMD)	Aluminium Al-Si-10Mg; Cobalt-chrome MP1 e SP2; Maraging Steel; Inconel 718 e 625; Stainless steel 17-4PH e 15-5PH; Titanium Ti-6Al-4V	Produção de peças através da fusão completa de pó de metal	Implantes médicos; partes aeronáuticas; partes motores automotivos; trocadores calor; moldes; peças especiais para indústria
	Impressão Tridimensional (BDP)	Polímeros, metais, cerâmica e outros pós	Produção de peças pela deposição de pó sobre uma base, que é unido seletivamente pela injeção de aglutinante	Protótipos, moldes, ferramental para indústria
	Placa sólida	Manufatura de objeto em lâminas (LOM)	Papel, plástico, metal	Produção de peças pela união de uma camada de material laminado a uma série de outras lâminas conformadas

Tabela 2: Classificação de processos de MA

Fonte: Adaptador Rodrigues (2017)

A norma ISO-ASTM 52900:2015, que regula as definições padrões que regem os processos de MA, uma classificação baseada no processo de transformação física de uma substância

Nomenclatura	Definição
Jateamento de aglutinante	Processo de MA em que um agente de ligação líquido é seletivamente depositado para juntar materiais em pó
Deposição de energia direcionada	Processo de MA em que a energia térmica focalizada é usada para unir materiais por fusão à medida que são depositados
Extrusão de material	Processo de MA em que o material é distribuído seletivamente através de um bico ou orifício
Jateamento de material	Processo de MA em que gotículas de material de construção são depositadas seletivamente
Fusão de leito de pó	Processo de MA em que a energia térmica funde seletivamente regiões de um leito de pó
Laminação de folhas	Processo de MA em que folhas de material são unidas para formar uma peça
Fotopolimerização em cuba	Processo de MA em que um fotopolímero líquido depositado em uma cuba é curado seletivamente através de polimerização ativada por luz

Tabela 3: Tecnologias de MA - ISO/ASTM 52900:2015

Fonte: ISO/ASTM 52900:2015

A Tabela 4 mostra os resultados das classificações dos diferentes métodos de MA analisados, fornece uma comparação das tecnologias e permite o início do processo de seleção de tecnologia com base nos requisitos do produto

	SLA	TDP	SLS	FDM	DMLS	CJP	MJP
Variedade de materiais	Baixa	Média	Alta	Média	Média	Baixa	Baixa
Acabamento superficial	Médio	Bom	Bom	Médio	Superior	Bom	Bom
Pós-processamento	Médio	Bom	Bom	Médio	Superior	Bom	Bom
Precisão	Superior	Média	Boa	Média	Superior	Média	Média
Resistência ao impacto	Média	Baixa	Boa	Boa	Superior	Baixa	Baixa
Resistência à flexão	Baixa	Baixo	Superior	Superior	Superior	Baixa	Baixa
Custo de fabricação	Alto	Médio	Alto	Baixo	Alto	Médio	Médio
Cura posterior	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não

Tabela 4: Fatores de comparação entre processos

Fonte: Adaptado Mançaneres (2015)

A falta de homologação e padrões dimensionais para os componentes fabricados pela MA dificulta a escolha de tecnologias para um projeto, por isso a comparação de tecnologias é essencial. Nesta tese, todas as tecnologias são classificadas como apropriadas, dependendo logicamente das transformações e otimizações dos produtos de acordo com suas características.

ATRIBUIÇÕES IMPRESSORA 3D

Como é mensurada a resolução de uma impressora 3D?

A unidade de medida usada para determinar a resolução é o micrometro, "mícron", com a altura da camada da impressora representando a resolução. Portanto, quanto menor o número, maior a resolução. Porque quanto mais fina a camada, menos "pixelada" será a parte finalizada.

Quase todas as impressoras 3D do mercado hoje podem produzir com resolução de 200 mícron, o suficiente para produzir peças de qualidade decente. Considera-se uma boa impressão aquela que atinge os 100 mícron, enquanto uma de alta qualidade chega a 20 mícron.

Impressão em múltiplas cores?

A batalha por impressoras mais acessíveis continua. Algumas impressoras possuem duas ou mais extrusoras, cada uma das quais pode ser carregada com filamento de uma cor. A desvantagem é que cada cor requer um arquivo (usado pelo software de impressão), então peças de cores diferentes se encaixam como um quebra-cabeça.

A plataforma de impressão?

Outra consideração importante antes de adquirir uma impressora é a plataforma na qual a peça será impressa. Uma boa plataforma permite que o fundido adira durante a impressão, mas permite que a peça seja facilmente removida após a impressão. Normalmente a plataforma é aquecida para que a peça seja facilmente removida após a impressão e também evita a flexão do fundo que é um problema comum principalmente quando o filamento é ABS.

Algumas impressoras exigem a aplicação de cola na plataforma para que a peça grude. Funciona, mas às vezes é preciso colocar a base e a parte em água quente para separá-las. Outro tipo usa plataforma com vários pequenos orifícios que são preenchidos com plástico durante a impressão e travam a peça no lugar. O problema com esse método é que remover a peça depois pode ser bastante difícil, exigindo que você mexa os dedos ou use palitos de dente, sob os furos, o que leva tempo e pode até danificar a base.

Outro detalhe importante é a calibração da impressora, que se baseia principalmente na altura da plataforma e da extrusora. Algumas impressoras possuem uma rotina de calibração onde verificam se diferentes partes da plataforma estão na mesma altura, enquanto outras exigem que você faça isso manualmente. Também deve haver distância suficiente entre a extrusora e a plataforma, aproximadamente a espessura de uma folha de papel.

Quando é necessária uma impressora com estrutura fechada?

Janelas e paredes de vidro ou policarbonato em todos os lados proporcionam maior segurança e evitam que qualquer pessoa toque na extrusora quente, além de reduzir o ruído de impressão e odores de plástico aquecido.

Formas de conexão com a impressora?

Eles se comunicam através de um cabo USB. Alguns até têm sua própria memória interna, isso tem a vantagem de que a impressora pode continuar funcionando mesmo se o cabo estiver desconectado ou o computador estiver desligado. Algumas impressoras têm conectividade Wi-Fi e Ethernet.

Muitas impressoras possuem slots de cartão SD e portas USB que permitem imprimir sem um computador.

Diversas técnicas de manufatura aditiva têm recebido atenção crescente nos últimos anos com o crescimento da prototipagem e produção de peças finais para a indústria aeroespacial, automotivo, biomédico, entre outros.

As sete principais áreas de aplicação da manufatura aditiva são:

1. Equipamentos de baixo custo - aplicação low end da manufatura aditiva;
2. Produção de bens de consumo;
3. Produtos voltados à área de saúde;
4. Prototipagem industrial;
5. MRO;
6. Produção de ferramental;
7. Inserção em processos produtivos em série com eventual customização.

Essas sete áreas são categorizadas de acordo com seu impacto direto no cliente ou no setor e seu impacto no desenvolvimento ou produção. Os resultados dessa classificação são mostrados na matriz da Figura 60.

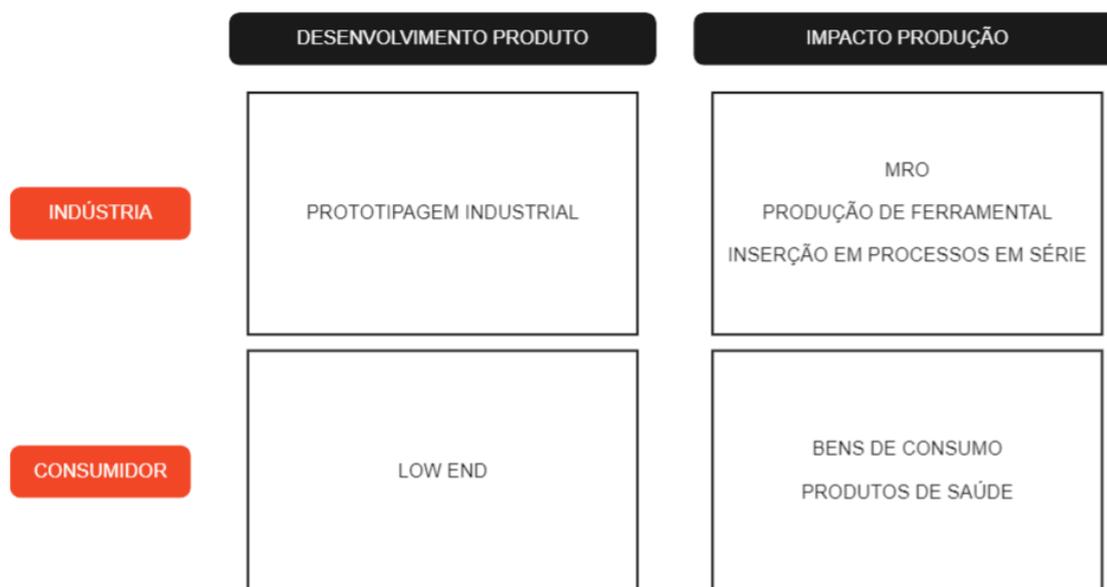


Figura 60: Principais áreas de aplicação da manufatura aditiva

Fonte: Autoria própria

MATERIAIS

PLÁSTICO

A impressão 3D de plástico, utiliza materiais pertencentes a três classes diferentes: resinas, poliamidas e ABS.

Acrilonitrila Butadieno Estireno é um termoplástico amplamente utilizado na impressão 3D. Tem uma superfície rugosa e é semelhante ao plástico em termos de textura, durabilidade e funcionalidade, e derrete a cerca de 200°C. É elástico e rico em cores.

ABS é usada para fabricar itens do dia a dia, como brinquedos, o famoso fabricante de brinquedos Lego que utiliza essa tecnologia em seus conjuntos.

PLA usa filamento, um poliéster termoplástico feito de fontes renováveis usando amido de milho, plantas e leite de cabra. É muito popular entre os clientes porque é biodegradável, amigo do ambiente. É menos resistente que o ABS e derrete a 160°C. Também é fraco contra a água. Esse material é usado para fabricar itens como tigelas, pratos e copos utilizados nas atividades de alimentação e culinária.

Resina é utilizada na tecnologia PolyJet e estereolitografia. Este material está normalmente disponível em fosco, brilhante, branco e preto.

Poliamida é usada principalmente na sinterização a laser. Itens feitos com este material são fortes, resistentes a impactos, fortes (se suficientemente flexíveis) e podem ser usados em alimentos, painéis e moldes de injeção.

Plástico transparente, vários fabricantes utilizam em diferentes áreas, como odontologia e áreas de design.

METAL

Os processos de impressão 3D de metal estão se tornando mais populares na fabricação em todo o mundo, especialmente com titânio e aço inoxidável. A impressão 3D de metal também permite que você despeje metais preciosos como ouro, prata e bronze em moldes e itens.

O aço inoxidável foi um dos primeiros metais usados na impressão 3D. Tem boas propriedades mecânicas e é resistente à corrosão. É usado

principalmente na indústria aeroespacial para prototipagem rápida de objetos de metal duráveis e fortes.

O alumínio, especialmente sua liga AlSi10Mg (uma liga de fluxo típica), é usado para objetos geometricamente complexos com linhas finas. É durável, altamente elástico e possui propriedades que o tornam adequado para a fabricação de produtos expostos a alta pressão. A impressão 3D de alumínio é ideal para criar objetos com boas propriedades térmicas e peso leve.

O titânio (e suas ligas) é um material de impressão 3D forte, leve e resistente à corrosão. Usado principalmente em campos da indústria médica, aeroespacial, automotiva, química e pesada. O titânio, principalmente a liga Ti6Al4V, é utilizado para impressão na forma de um pó fino de metal e possui propriedades mecânicas razoáveis por ser resistente à corrosão. Também é biocompatível, tornando-o ideal para uma ampla variedade de aplicações de engenharia de alto desempenho, como as indústrias aeroespacial e automotiva e a fabricação de implantes médicos. Objetos feitos de titânio atendem à norma ASTM F1472, que garante níveis de contaminação muito baixos.

Ao imprimir em metais preciosos, como ouro e prata, esses materiais não são impressos diretamente por uma impressora 3D. Para isso, são usados moldes de cera, que são preenchidos com metais preciosos e os objetos são criados usando o processo de cera perdida. O objeto é então acabado à mão e polido. A prática de criar objetos usando esse método é muito difundida nas indústrias de joias e artigos de luxo.

As ligas de cobalto-cromo são amplamente utilizadas na indústria médica para a fabricação de próteses e coroas devido à sua precisão e aparência sofisticada. As ligas de cobalto-cromo também são resistentes ao calor e ao desgaste, tornando-as ideais para uso em projetos de engenharia de alta temperatura e fabricação de turbinas.

CERÂMICA

O processo de impressão 3D em cerâmica geralmente consiste em duas etapas. A impressão de objetos por sinterização a laser usando materiais em pó e a pintura dos mesmos objetos com cerâmica em temperaturas acima de

1000 graus Celsius. Os objetos criados com a impressão 3D em cerâmica são à prova d'água e resistentes a altas temperaturas, como resultado, este procedimento é útil para a produção de louças.

MADEIRA

A impressão 3D em madeira é um processo relativamente novo. Estas impressoras destinam-se ao uso geral e utilizam a tecnologia FDM baseada em filamentos feitos a partir de uma combinação de partículas de madeira e polímeros, objetos feitos com este sistema têm texturas e cores impressionantes.

CERA

A cera é usada principalmente para fazer moldes que são usados para fazer peças de metais e outros materiais. Esse processo, comumente conhecido como fundição por cera perdida, é utilizado na produção de objetos metálicos em pequenos lotes, normalmente lotes contendo de 1 a 50 peças.

AREIA

A impressão em areia é um processo muito importante nas fundições, pois torna os metais usados mais fáceis de usinar e mais fáceis de fundir. Especialmente útil para a produção de pequenos lotes em termos de custo e tempo. Os moldes utilizados não requerem equipamentos especiais, reduzindo o tempo de produção. É obtida usando um catalisador feito de um aglutinante que se liga aos grãos de areia e forma camadas usadas para construir o objeto desejado.

VIDRO

A impressão em vidro ainda é um processo experimental, com várias tentativas até agora falhando. No entanto, esses experimentos podem ser bem-sucedidos no futuro. Um pouco de paciência é necessário nesta área.

Como um processo de impressão 3D para vidro, o processo ainda está em seus estágios iniciais e há poucas informações sobre seu andamento. No entanto, isso parece ir além da impressão, pois há registros de objetos feitos dessa maneira. Uma equipe de pesquisa da Universidade de Loughborough está trabalhando neste método.

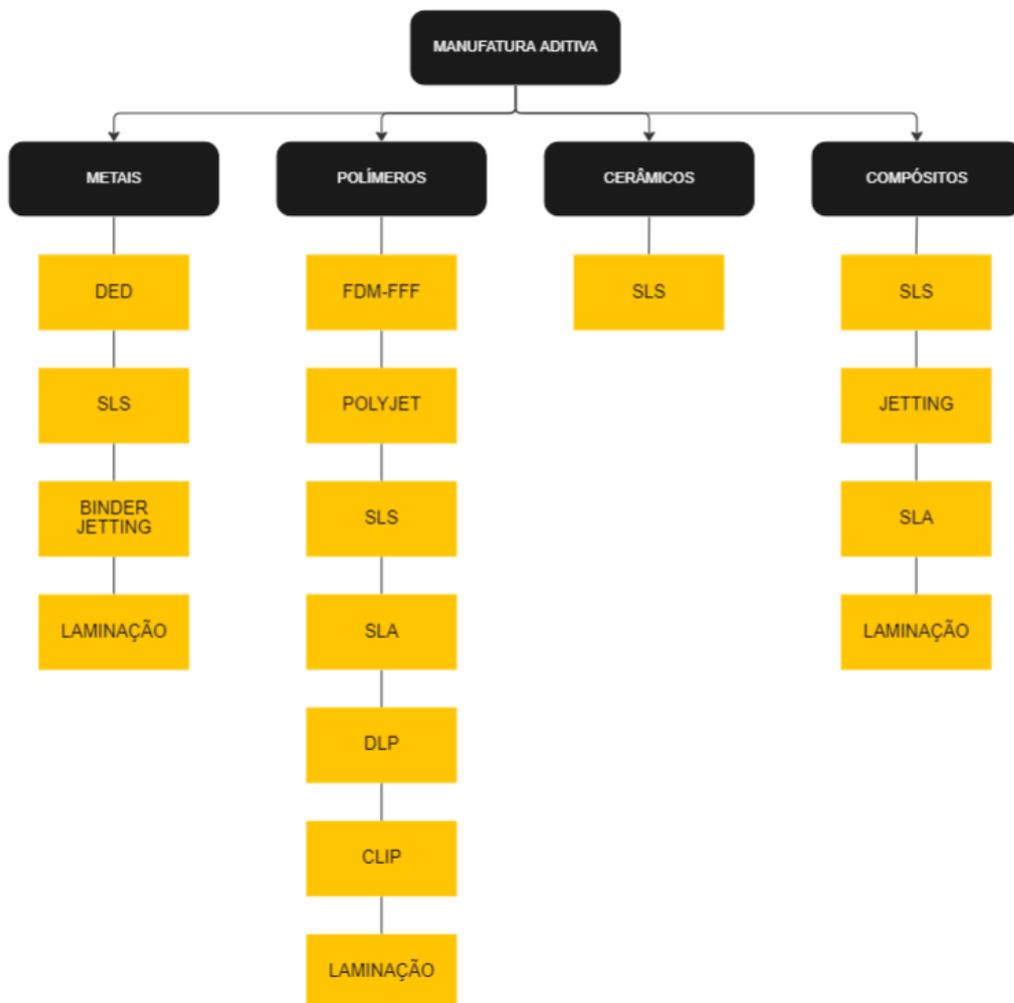


Figura 61: Fluxograma das principais tecnologias de impressão de acordo com o tipo de matéria-prima

Fonte: <https://3ddata.com.br/tecnologias-de-impressao-3d-conheca-as-principais/>

IMPRESSÃO 3D

A HISTÓRIA

Tudo se inicia em 1981, no Instituto de Pesquisa Industrial do Município de Nagoya, no Japão, com a invenção de dois métodos de manufatura aditiva, conhecido como "camada por camada" para produção de modelos plásticos, o sábio pelo feito foi Hideo Kodama, sua tecnologia era uma antecessora da SLA e usava luz UV para curar resinas fotossensíveis, porém, teve um desfecho arrematado, Hideo perdeu o apoio para continuar o desenvolvimento.

Com o passar dos anos, em 1984, na França, Alain Le Méhauté e Oliver de Witte, que trabalhavam na Alcatel-Alsthom, tentaram desenvolver um equipamento que combinasse formas geométricas complexas com tecnologias de lasers e materiais fotossensíveis, em busca de trazer o digital para o real. Houve o compartilhamento da ideia com Jean Claude André, que trabalhava no CNRS e mostrava interesse no projeto, no entanto, a CNRS não aprovou o seu desenvolvimento, alegando que o dispositivo não teria muitas áreas de aplicação, assim, o trio foi forçado a abandonar o projeto por falta de recursos.

Ainda em 1984, Charles Chuck Hull, que trabalhava em uma empresa de lâmpadas UV, sugeriu criar novos produtos a partir da cura da resina fotossensível, com o apoio da empresa, Chuck começou a desenvolver seu projeto em um pequeno laboratório, Hull acaba registrando sua própria patente, com o nome de estereolitografia.

A patente foi atribuída em 1986 e, no mesmo ano, Charles inaugurou a própria empresa em Valencia, Califórnia, a 3D Systems. Desde o lançamento de sua primeira impressora 3D, a SLA-1, em 1988, a 3D Systems cresceu e contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Afinal, as patentes foram o ponto de partida para o surgimento de novas tecnologias na indústria de impressoras 3D. Fundada em 1988 por um jovem graduado da Universidade do Texas chamado Carl Deckard chamado SLS. O objetivo era testar a tecnologia e criar blocos de plástico simples, detalhes e qualidade de impressão são irrelevantes e posteriormente adquiridos pela 3D Systems.

Em 1989, após o advento do SLA e do SLS, a S. Scott Crump desenvolveu e comercializou a primeira impressora FDM com o objetivo de

tornar a tecnologia acessível aos amadores. Com o advento do ano, as próximas décadas na história das impressoras 3D serão marcantes, revolucionando vários campos e importantes desenvolvimentos tecnológicos e continuando a crescer com a humanidade, transformando os processos, facilitando os meios de produção, revolucionando ainda mais as indústrias, as sementes da evolução sendo plantadas e cultivadas para aprimorar as ideias que tínhamos no passado.

PROMETE REVOLUCIONAR A INDÚSTRIA?

O uso da impressão 3D na indústria é uma das poderosas tendências da revolução industrial, esta é uma ferramenta importante na transformação de cenários industriais, levando em conta conceitos como modularização, possibilitando economia e redução de custos. produção, além de minimizar possíveis distúrbios no processo. Técnicas de prototipagem que são feitas de forma mais rápida e precisa, o que antes as peças tinham que ser moldadas manualmente para criar matrizes, com falhas no tempo e muitos erros.

A tecnologia de impressão 3D tem o potencial de se tornar popular em muitos cenários diferentes, é uma tecnologia que fabrica peças a partir de desenhos 3D criados em software CAD e as envia para impressoras, uma estratégia que possibilita a personalização pessoal e coloca o consumidor no centro das decisões de produção.

O Engineering Blog estima que até 2027, 10% de todos os produtos produzidos em todo o mundo serão impressos em 3D. Consumir os materiais e resíduos utilizados nessas impressoras torna-se uma alternativa viável aos métodos tradicionais de fabricação.

Máquinas de impressão 3D industriais de grande porte já são capazes de imprimir produtos em nylon, termoplásticos, bronze, aço, prata, cerâmica, etc. A receita é a forma como as empresas se diferenciam no mercado.

Startups e jovens empresas também estão usando a impressão 3D em seus projetos

A Brisdent imprime uma escova de dentes personalizada com o mesmo nome do seu produto, isso significa que é feito sob medida para cada cliente e se encaixa perfeitamente na arcada dentária. Brisdent não possui um formato de pincel tradicional, o pincel custa cerca de 300€, notamos que o preço é tão exclusivo quanto ao produto.

A startup brasileira ImprimaLAB é uma empresa de serviços de impressão 3D, onde cada peça cria um toque único e apresenta um acabamento realista, valioso e incrivelmente profissional digno de uma grande produção cinematográfica.

A empresa Noiga nasceu com a premissa de renovar sua linha fugindo do tédio da dupla de designers Evelyne Pretti e Renata Trevisan, esta é uma empresa que vende acessórios de moda impressos em 3D. A marca é uma fusão de três grandes paixões: design, moda e tecnologia, e reflete a mais alta qualidade de seus produtos.

A startup Makie Lab, com sede em Londres, imprime bonecos criados e desenhados por clientes, o comprador pode escolher todos os detalhes do brinquedo, como cabelo, altura, cor, olhos, roupas e até mesmo o rosto da boneca.

A Fluxo Consultoria, empresa de consultoria júnior, implementou a prototipagem de impressão 3D utilizando a tecnologia FFF para o projeto. Esta tecnologia de ponta permite que você tenha uma amostra funcional à mão e imprima o equipamento que você precisa mais rápido sem fazer um grande investimento.

A Protos Eyewear, startup sediada em São Francisco, EUA, desenvolveu um software avançado que permite desenhar e criar óculos, recebe recomendações de estilo e seleciona o modelo que deseja imprimir.

A General Electric (GE) testou um motor de demonstração com 35% das peças fabricadas com manufatura aditiva. Este motor foi construído para validar as peças impressas em 3D do motor turboalimentado ATP. A tecnologia utilizada na impressão 3D de peças metálicas é conhecida como DMLM.

A fabricante de elevadores ThyssenKrupp utiliza a impressão 3D não apenas para protótipos de componentes de equipamentos, mas também para peças que são aplicadas no produto final. A ideia foi fortalecida depois que o produto provou ser de alta qualidade e poderia ser usado como substituto para o maquinário do elevador que estava atendendo.

A montadora americana Ford foi o primeiro segmento a utilizar esse tipo de tecnologia em seus veículos, a empresa usa a impressão 3D para criar protótipos e desenvolver novos componentes, por exemplo, o carro esportivo Ford GT possui vários componentes feitos com essa tecnologia.

A Hyundai introduziu esta tecnologia depois de verificar que os consumidores julgam a qualidade de um veículo com base em vários fatores, como componentes e acabamento da superfície. Como tal, as montadoras começaram a construir protótipos rápidos para avaliar os detalhes e fazer

ajustes precisos para que a qualidade possa ser incorporada antes que o veículo chegue ao consumidor.

A manufatura aditiva é usada nas fábricas da BMW para inovar o design de veículos e produzir rapidamente ferramentas, matrizes e acessórios específicos. A empresa se orgulha de ter pesquisado a impressão 3D desde a década de 1990, com o grupo imprimindo mais de 140.000 peças por ano, incluindo peças para o novo BMW i8 Roadster.

Com mais empresas entrando no desenvolvimento de impressoras 3D e a tecnologia melhorando, acredita-se agora que existam mais de 300.000 impressoras 3D de mesa em todo o mundo, tornando já a mais atingida em diversos campos, o uso da pressão para acelerar processos é que, pode ser observado em todas áreas de inovação.

A impressão 3D visa reduzir os custos de fabricação ao longo do processo produtivo, segundo a Volkswagen Autoeuropa, que já utiliza a impressão 3D em suas linhas de produção e afirma ter reduzido os custos de ferramental em 91% em toda a montagem.

Certamente há vantagens que essa nova tecnologia traz para a economia dos recursos de produção.

Implementação de impressão 3D elimina custos excessivos com ferramentas, criar o ferramental diretamente ou pular o processo de montagem e imprimir o dispositivo na peça são boas opções.

Acelerar o processo de desenvolvimento de produtos, utilizando a impressão 3D no processo de prototipagem e fabricação para criar peças, ferramentas, dispositivos ou moldes em menos tempo e com menor custo, e modificar projetos em diversos formatos.

Otimizar o design de peças impressas em 3D é muito mais fácil de acordo com o produto e as necessidades do cliente, reduzindo custos, minimizando materiais e etapas de pós-processamento e melhorando o desenvolvimento.

Devido à pressão das ferramentas utilizadas, a empresa também economiza materiais para fabricação, isso permite que você escolha entre vários materiais diferentes com propriedades variadas e gerencie efetivamente esse processo usando um software de gerenciamento de ERP.

A eliminação das taxas de desperdício da fábrica é fundamental para tornar uma empresa sustentável e competitiva, a impressão 3D não só é diferenciadora, como também auxilia na gestão de resíduos na linha de produção, possibilitando práticas de reciclagem na indústria. Essa tecnologia permite que as empresas criem ferramentas, gabaritos, acessórios e acessórios impressos em 3D de forma rápida e em escala, simplificando o processo de fabricação e reduzindo bastante o número de variações e erros.

A prototipagem de impressão 3D significa que você pode avaliar projetos rapidamente, simplificar virtualmente os testes de usabilidade e obter feedback do seu público mais rapidamente, tornando seu produto muito mais provável de chegar ao mercado.

Estágios de adoção	Início	Design	Ferramental	Manufatura	Distribuição
Prototipagem rápida	Início dos anos 90	√			
Ferramental rápido	Final dos anos 90	√	√		
Manufatura rápida	Final dos anos 2000	√	√	√	
Fabricação em casa	Início dos anos 2010	√	√	√	√
Manutenção e reparo	Final dos anos 2010	√	√	√	√

Tabela 5: Estágios de adoção da MA e envolvimento resultante na produção

Fonte: Adaptado Sisca, Rayna e Striukova (2016)

À medida que as impressoras 3D se tornam mais populares, o uso de manufatura aditiva está aumentando em vários setores. O Relatório Global de Impressão 3D da EY de 2016 constatou que 84 % de todas as empresas pesquisadas usam a impressão 3D no desenvolvimento de produtos.

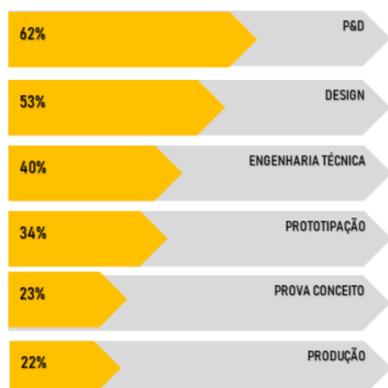


Figura 62: Percentual de uso da impressão 3D

Fonte: Adaptada Stadista (2015-2017)

COMO FUNCIONA?

As impressoras 3D são fundamentalmente diferentes das impressoras papel-papel a que estamos acostumados. A tecnologia de impressão materializa com precisão um objeto físico de acordo com um modelo digital criado em um computador.

Usando um modelo tridimensional projetado em algum software, geralmente o CAD, comandos são enviados para a impressora para “cortar” esse desenho 3D em várias camadas, até você “imprimir” o objeto inteiro. A impressora 3D injeta resina em cada camada de acordo com o projeto 3D e a peça é moldada conforme projetado.

Existem diferentes tipos de processos na impressão 3D e, como ensina Raulino (2011), a prototipagem rápida, também conhecida como impressão 3D, adiciona material em camadas planas. As necessidades da indústria aumentam os custos e chegamos à discussão de cinco tecnologias desse processo de impressão 3D.

FDM (Fused Deposition Modeling): Tecnologia barata, fácil de usar e armazenar, feita de filamentos fundidos.

SLS (Sinterização Seletiva a Laser): Uma técnica de alto investimento em que os objetos são feitos de vários tipos de materiais. Os lasers usados na máquina derretem pequenas partículas no pó, aumentando a precisão do produto final.

SLA (Stereo Litho Graphy): A primeira tecnologia de impressão 3D que utiliza um laser em resinas líquidas e requer a remoção de resíduos após a impressão.

LOM (Additive Manufacturing) – Processo de impressão baseado em folhas de papel, baixo custo.

Impressão 3D (impressão tridimensional) – baseada em pó e adesivos líquidos, oferece velocidade e visualização.

Fatores Determinantes	Processos				
	LOM	FDM	SLA	SLS	3DPrint
Variedade de Materiais	Pequena	Média	Pequena	Grande	Média
Translúcidcz	Não	Sim	Sim	Não	Não
Qualidade Superficial	Regular	Regular	Regular	Boa	Boa
Pós-Acabamento superficial	Baixa	Regular	Regular	Boa	Boa
Precisão	Baixa	Regular	Excelente	Boa	Boa
Resistência ao Impacto	Baixa	Boa	Regular	Boa	Baixa
Resistência a Flexão	Baixa	Excelente	Baixa	Excelente	Baixa
Custo do Protótipo no Brasil	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio
Pós-Processo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Pós-Cura	Não	Não	Sim	Não	Não

Tabela 6: Características da prototipagem rápida no Brasil

Fonte: Adaptador Canciglieri (2015)

Na prototipagem, a seleção do material depende das propriedades físicas desejadas ao final do processo de impressão. Este estudo abrange apenas os materiais: PLA, ABS, ABS-PC e ASA. Segundo Stratasys (2019), os materiais citados podem ser explicados da seguinte forma.

PLA (Ácido Polilático): Termoplástico biodegradável (em condições adequadas) feito a partir de fontes renováveis como amido de milho e cana-de-açúcar. É um dos bioplásticos mais populares e é usado em muitas aplicações, desde copos de plástico até implantes médicos.

ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno): Tipo de plástico feito a partir de monômeros rígidos e brilhantes, com excelente resistência química e durabilidade, estabilidade em altas temperaturas, excelente resistência ao impacto e fácil processamento.

ABS-PC (Acrilonitrila Butadieno Estireno/Polycarbonato): Termoplástico de engenharia de alto impacto ideal para prototipagem funcional, ferramentas e produção de baixo volume. Esses materiais oferecem o melhor dos dois mundos: a resistência mecânica e a resistência ao calor do PC e a flexibilidade do ABS. O ABS-PC também oferece excelente definição de recursos e acabamento superficial.

ASA (Acrilonitrila Estireno Acrilato): é um termoplástico que combina resistência mecânica, resistência aos raios UV, resistência à água e excelente acabamento.

Os principais métodos de prototipagem rápida considerados os mais promissores e comercialmente importantes são apresentados e classificados em três grupos com base nas matérias-primas utilizadas: base líquida, base sólida e base pó.

Baseada em líquidos	Baseadas em sólidos	Baseadas em Pó
SLA (Stereolithography Apparatus)	FDM (Fused Deposition Modeling)	SLS (Selective Laser Sintering)
IJP (Ink Jet Printing) – Polyjet	LOM (Laminated Object Manufacturing)	3DP (3 Dimensional Printing)
IJP (Ink Jet Printing) – InVision	PLT (Paper Lamination Technology)	LENS (Laser Engineered Net Shaping)
-	IJP (Ink Jet Printing) – ThermoJet	3DP (3 Dimensional Printing) – ProMetal
-	IJP (Ink Jet Printing) – Benchtop	-

Tabela 7: Classificação matérias-primas nos principais métodos de prototipagem rápida

Fonte: Adaptado Volpato (2007)

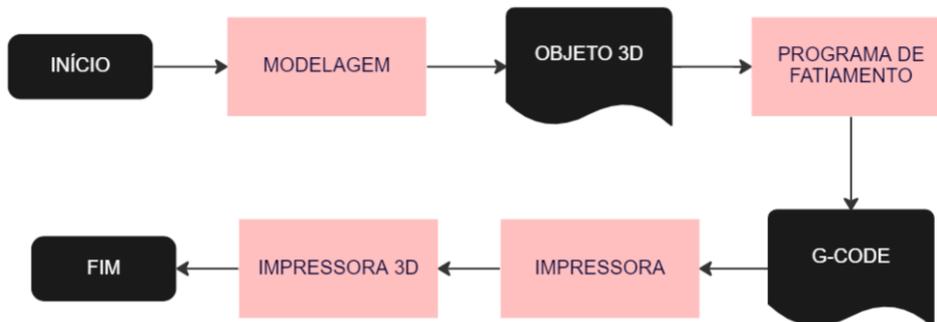


Figura 63: Fluxograma de impressão 3D

Fonte: Autoria própria

DESAFIOS E VANTAGENS

A união entre as tecnologias de impressão 3D e a prototipagem acabou revolucionando o setor da indústria e várias outras áreas, acaba permitindo que a ideia saia do papel e se torne realidade efetiva e ágil.

A tecnologia possibilita que a projeção em um software CAD, permitindo que projetistas e engenheiros criem modelos realistas de montagens e de peças, impresso e testado na prática, assegurando a confiabilidade do mecanismo da produção.

Um protótipo trata-se de uma amostra de um produto ou processo, construído para que sirva de menção ou de prova para uma criação, ele pode haver um delineamento manual, demonstrado na figura física ou na figura computacional, sendo um conceito para o objeto final. É possível uma análise de funcionalidade antes de seu lançamento final, uma vez que na fase de planejamento é bem mais simples modificar uma ideia ou até mesmo rejeitá-la.

Após a firmção do layout inaugural do processo ou produto, é fundamental o teste, se necessário, desarranjar o esquema base para que ele possa se apropriar melhor à função ou à necessidade do cliente, seja a ergonomia, estética, conveniência, peso ou outros fatores, para isso, é essencial criar um protótipo que represente o que deseja ser atingido.

Antigamente, o desenvolvimento dos protótipos era feito em método totalmente manual, isso acabou mudando com o crescimento da modelagem computacional, que permitiu o desenvolvimento de protótipos virtuais em uma estimativa de tempo bem menor.

O papel das impressoras 3D é de extrema relevância por permitirem a produção de várias peças em um período bem curto, a partir de um modelo virtual, conseguindo gerar protótipos bastante precisos, que podem servir de teste funcional para os produtos finais.

Fabricar produtos em formatos convencionais é bem demorado, além de ser um processo que tende a ser caro, principalmente para produzir somente uma unidade, sem mencionar o fato de que não adiantaria investir dinheiro e tempo em um produto ou processo, para depois descobrir que o modelo já se encontra ultrapassado em face de outros já existentes no mercado que são mais modernos e mais fáceis de serem produzidos, então, esse será o papel

da impressão 3D, que vem como um formato alternativo para o desenvolvimento da prototipagem de um processo ou produto.

A prototipagem 3D, quando comparada aos processos convencionais, acaba tornando o processo mais dinâmico, permitindo mais alterações e interações, além, é claro, de ser mais barata para quantidades pequenas, a fim de antecipar a imagem do que vai ser projetado, a prototipagem 3D impacta diretamente na expectativa de como o produto ou processo em questão resultará.

Quando falamos em tipos de impressões, somos direcionados diretamente a SLA e FDM. A SLA tem a distinção histórica de ser a primeira tecnologia de impressão 3D no mundo, trata-se de um processo de prototipagem rápida, dessa forma, as pessoas que usam são certas quanto à precisão e exatidão. Esse tipo de impressão 3D pode gerar rapidamente objetos a partir de arquivos de dados CAD. Máquinas que usam essa tecnologia produzem protótipos, amostras, modelos e uma variedade de peças de produção exclusivas, tornando-se a opção mais econômica preferida em várias indústrias.

A SLA-1 pode ser vista diretamente nos dias de hoje, em exibição no Museu de Cultura de Impressão 3D da China, localizado em Xangai. O museu ocupa uma área de cerca de 5 mil metros quadrados e possui diversos artefatos impressos em 3D.

O FDM é um tipo modelagem extremamente versátil, podendo ter sua aplicação em diversos setores, como no alimentício, agrícola, hospitalar, imobiliário, de entretenimento, automotivo, aeroespacial, eletrônico, bélico, artístico, acadêmico, podendo, também, ser utilizado domesticamente. Utiliza-se termoplásticos adequados para a produção, por esse motivo, os itens impressos têm ótimos atributos químicos, térmicos e mecânicos, é utilizado para prototipagem, desenvolvimento de novos produtos e até na fabricação de produtos finais, além disso, os objetos acabados são extremamente duráveis e funcionais, é possível imprimir não somente protótipos operacionais, como também produtos prontos para uso.

Algumas das principais vantagens da prototipagem rápida por meio da impressão 3D são: facilidade de personalização e customização; criação de oportunidades, produtos, soluções e técnicas ilimitadas para profissionais ou

entusiastas; liberdade para a criação de diversos designs; alta interação com o protótipo de maneira rápida e modificável; redução de restrições quanto às máquinas, moldes e processos de montagem; alta qualidade, integridade e precisão dos protótipos; simplificação das cadeias de suprimentos; permissão de práticas mais sustentáveis; permissão de uma resposta rápida às variações do mercado; redução significativa do Lead Time do protótipo; e permissão de redução da complexidade da produção e do peso de peças que possam compor um automóvel ou até mesmo veículos aéreos e espaciais.

Antes que a indústria realmente se revolucionasse com a prototipagem rápida com impressoras 3D, a prototipagem de peças funcionais acabava se tornando uma tarefa bem tediosa, para se construir era preciso fazer toda a modelação da peça manualmente, para somente depois enformar e fazer o molde, o que acabava se tornando muito cara, tornando a produção final de um produto mais barata do que a produção de protótipos.

Ainda, quando falamos em vantagens se destaca: cumprimento das exigências mais rigorosas do mercado; otimização da produção dos protótipos, eliminando custos e etapas que não agregam valor; permissão de mais avaliações do protótipo, por parte do cliente, sem maiores custos ou tempos de produção comparados aos métodos convencionais como a manufatura subtrativa; permissão da detecção de erros antes do envio para a produção; maior confidencialidade devido ao desuso da terceirização, cujo qual pode acarretar em espionagem industrial; redução de volumes de estoque; redução da perda de materiais que compõem o protótipo; e preços de impressoras acessíveis aos institutos acadêmicos e de medicina.

As desvantagens podem ser notadas, em relação à baixa velocidade de construção, sendo continuados os esforços no sentido não só de aumentar a velocidade, como também elevar os volumes das peças produzidas. A baixa velocidade de construção, somada aos altos custos que dependem das dimensões da peça ou de seus materiais, podem reduzir a capacidade produtiva e elevar o preço do produto aos consumidores finais.

O processo de formação disperso acumulado, método que forma uma peça, primeiro dispersando os materiais (em estados gasosos, líquidos ou sólidos) em pontos ou linhas e, em seguida, empilhando-os em camadas, é sempre acompanhado por um processo de mudança de fase e variação de

temperatura dos materiais, causando tensões residuais. Medidas como pré-aquecimento ou pós-aquecimento podem reduzir as tensões até certo ponto, mas sem satisfazer completamente.

Também há a limitação de materiais disponíveis no mercado, sendo a tecnologia de prototipagem rápida altamente dependente do próprio material. O material não só deve ser adequado para o processo de formação disperso acumulado e pós-processamento, mas também deve possuir específicas resistências mecânicas e funções após a formação.

Além da limitação de materiais, pode ocorrer também uma insuficiência de precisão de formação. A precisão é restringida pela escala de unidade, a baixa precisão requer pós-processamento para compensar, consumindo mais tempo e reduzindo tanto a flexibilidade quanto a rapidez.

Apesar da constante evolução, a impressão ainda possui um custo técnico alto, é uma integração de altas tecnologias, porém atualmente com algumas exceções surgindo pelo mundo não só na produção única e em baixa escala, mas se excede ganhando força em cinco pilares:

Experimente e aprenda: Dúvidas que surgem durante o desenvolvimento do produto podem ser removidas.

Teste e validação: Especialmente nos estágios iniciais do desenvolvimento do produto, pode ser desejável comparar e testar diferentes mecanismos de produto para garantir qual atende melhor às necessidades do projeto.

Comunicação e Interação: Possibilita a apresentação de conceitos e operações de produtos para gestores e clientes.

Síntese e Integração: Você pode montar várias peças e avaliar se elas funcionam juntas como pretendido.

Marcadores de cronograma: são úteis para seguir o cronograma de desenvolvimento do produto e atuam como marcadores finais para cada estágio. Eles implementam os resultados obtidos em cada etapa e fornecem aos gestores da empresa uma avaliação sobre a continuidade ou a interrupção do projeto.

Levantamento de custos

Para simular os custos internos, foram considerados alguns pontos baseados no custo de implementação de um laboratório com período de retorno futuro (retorno do investimento), materiais de impressão, custos de energia, custos de manutenção, custos de paradas, custos de acabamento e testes, conforme Figura 66.

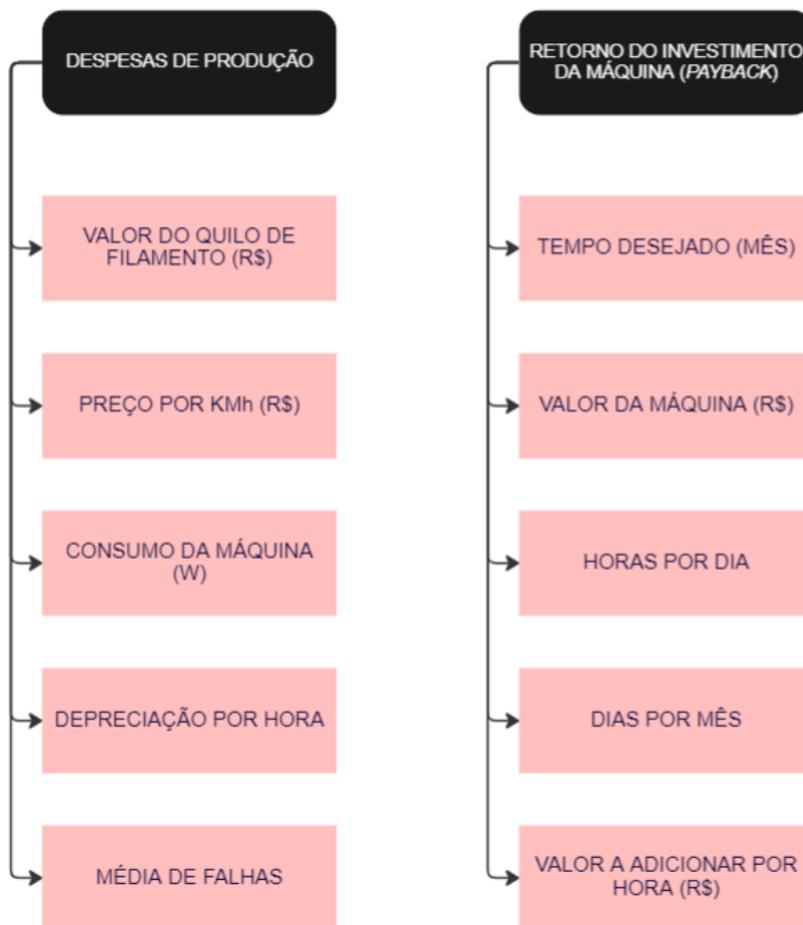


Figura 64: Fluxograma de simulação do custo interno

Fonte: Autoria própria

Segue algumas orientações para definição de alguns cenários seguros para componentes de aplicação estrutural publicados:

1. Vantagens

- a. Ajuda a evitar alguns modos de falhas e seus efeitos;
- b. Custo prazo na otimização de peças;
- c. Custo baixo na otimização de peças;
- d. Custo baixo em relação ao processo convencional;
- e. Fácil simulação nos laboratórios;
- f. Fácil simulação no chão de fábrica;
- g. Facilita na análise de projetos;
- h. Otimização de peças;
- i. Possibilidade de testes próximos ao produto final;
- j. Rapidez no desenvolvimento do protótipo;
- k. Tempo reduzido em relação ao processo convencional de uma peça.

2. Desvantagens

- a. Dificuldade em obter certas geometrias das peças;
- b. Dificuldade em obter certas resistências das peças;
- c. Investimento alto para uma boa impressão;
- d. Não possuir aptidão de atingir 100% das tolerâncias exigidas;
- e. Não possuir pessoas especializadas;
- f. Processo de impressão em algumas circunstâncias é lento

3. Aplicações

- a. Simulação e testes de novas ferramentas de produção;
- b. Simulação e testes de novos dispositivos de produção;
- c. Simulação e testes de produtos e componentes em desenvolvimento;
- d. Validação de produtos e componentes em desenvolvimento;
- e. Dispositivos para o processo como gabaritos;
- f. Nas áreas de negócios, na criação de brindes.

Vantagem	Descrição	Exemplos de aplicação
Customização em massa	O fluxo de trabalho digital da MA e a liberdade de geometria podem ser combinados para fabricar objetos com qualquer grau de personalização.	Fabricação de próteses e guias cirúrgicos baseados no paciente; Fabricação de embalagens customizadas para envio de produtos com alto valor agregado.
Otimização de peso	A MA permite a otimização de peso de peças à partir da liberdade de fabricação de geometrias.	Fabricação de peças de motor e carenagens para engenharia de competição; Fabricação de componentes para indústria aeronáutica.
Complexidade de estruturas internas	O método aditivo de fabricação proporciona a manufatura de canais e estruturas internas que aumentam a funcionalidade e performance de componentes.	Fabricação de trocadores de calor com eficiência otimizada; Fabricação de moldes com canais de resfriamento otimizados para reduzir falhas e tempo de ciclos;
Integração Funcional/Consolidação de Partes	A MA permite que projetistas incorporem partes e reduzam etapas de montagem de componentes.	Integração de partes de montagens, reduzindo a quantidade de componentes, tempo de montagem e removendo fixadores;
Superfícies estruturais	Processos da MA, com resolução em micro ou nanoescala, podem criar superfícies, texturas e porosidades personalizadas.	Aumento de eficiência de colagem de componentes; Controle de permeabilidade de superfícies; Integração de superfícies de aderência aos componentes.
Complexidade de materiais	Alguns processos de MA podem produzir peças com diferentes materiais ou propriedades materiais em regiões controladas do objeto.	Fabricação de mecanismos de deformação projetada; Fabricação componentes com eletrônica integrada; Fabricação de amortecedores de vibração otimizados.
Fabricação sob demanda	Devido à cadeia digital de fabricação da MA, componentes podem ser fabricados somente quando necessário, sem restrições para fabricação unitária.	Fabricação de peças de reposição; Fabricação de gabaritos de fabricação e montagem; Fabricação de protótipos funcionais; Fabricação de peças com alto grau de especificidade.

Tabela 8: Vantagens e oportunidades da MA

Fonte: Adaptado Russell (2018)

PROTÓTIPO E PROTOTIPAGEM

Segundo Kaminskie Silva (2015), um protótipo pode ser considerado uma versão preliminar de um novo produto, portanto, ser o primeiro modelo nas etapas de teste, pesquisa ou planejamento.

Os protótipos são especialmente úteis durante os estágios de projeto detalhado e pré-fabricação durante essas etapas, são realizados diversos testes que, se conduzidos adequadamente, podem garantir a fabricação do produto em larga escala. Neste ponto, quaisquer problemas podem ser encontrados e discutidos com a equipe de produção. A equipe de produção busca soluções para evitar que produtos de baixa qualidade saiam da empresa e afetem negativamente os lucros e a reputação.

Além dos testes, os protótipos também são úteis durante a fase de projeto, melhorando a comunicação entre as equipes de desenvolvimento de novos produtos (ELVERUM et al. 2015) Segundo Mayhew (1999), existem quatro dimensões que definem a precisão de um modelo, detalhes que o modelo suporta, o nível de funcionalidade refere-se à integridade dos detalhes operacionais, semelhança de interação, quão semelhante a interação com o modelo é com o produto final, sofisticação estética, quão realista é o modelo e quanto mais perto você chegar da realidade esperada, mais provável será que a solução de problemas e a correção sejam bem-sucedidas.

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), os protótipos podem ser divididos em físicos e analíticos. Um protótipo físico consiste em elementos tangíveis criados para aproximar um produto, enquanto um protótipo analítico é caracterizado por uma representação intangível, uma representação virtual criada por recursos computacionais. De acordo com Rosenfeld et al. (2006) Protótipos Reais e Virtuais. Um protótipo real é utilizado na etapa de projeto detalhado com um SSC que se assemelha ao produto final. Por outro lado, protótipos virtuais têm sido utilizados desde fases anteriores (software CAD/CAE).

Os protótipos virtuais podem reduzir o escopo e a quantidade de alterações de engenharia quando usados extensivamente em PDPs, mas alguns atributos como ergonomia e estabilidade não podem ser ponderados virtualmente, tornando-os os únicos a não ser uma fonte. Os protótipos físicos são mais caros e demorados, mas os protótipos virtuais podem ser utilizados

para realizar alguns testes que não podem ser realizados em protótipos físicos, reduzindo assim o seu número (ULRICH e EPPINGER, 2000).

Todos os protótipos desenvolvidos utilizam os dois tipos destacados, porque estes são protótipos físicos independentemente dos custos e atrasos de desenvolvimento envolvidos. Neste segmento as peças são estudadas e sua qualidade é medida. Além disso, esses protótipos não são apenas apresentados aos clientes por meio digital, caso seja necessária customização ou desenvolvimento dedicado para grandes redes.

Os protótipos físicos são, por exemplo, papelão, plástico, modelos de cerâmica, etc. No entanto, existem algumas dificuldades em chegar e desenvolver adequadamente um protótipo. Para isso, é necessário analisar todas as informações sobre o macro estágio de desenvolvimento e todas as ferramentas mencionadas nos tópicos acima para selecionar apenas a melhor para cada tipo de projeto de novo produto. Tudo começa com uma ideia e vai de fase em fase até chegar às fases de projeto detalhado e preparação da produção. O bom senso e a expertise devem prevalecer, pois as dificuldades podem surgir devido aos muitos conflitos entre os departamentos (COSTA e TOLEDO, 2015).

FLUXOGRAMA DE PROCESSO DE PRODUÇÃO

Os processos de MA possuem um fluxo digital de dados que gera instruções de máquina, seguido de um fluxo de trabalho físico que transforma matérias-primas em produtos acabados (THOMPSON et al., 2016). Este conceito classifica como um processo de fabricação digital.

A manufatura digital é um processo cíclico no qual os produtos são projetados conceitualmente e inovados com software de design auxiliado por computador, no caso o CAD, que é utilizado no desenvolvimento de um modelo virtual de uma peça.

Thompson (2016) descreve o fluxo de trabalho necessário para o desenvolvimento de componentes, conforme mostrado na Figura 67.

A etapa virtual começa com a modelagem do componente em um ambiente virtual (CAD).

A partir da modelagem tridimensional é gerado um modelo de representação por faces, onde o formato mais usado atualmente é o STL. Este modelo intermediário da representação geométrica gerada a partir do CAD deve permitir que a geometria seja separada em camadas. O formato STL é mais antigo e mais usado porque é compatível com a maioria dos programas existentes, mas não é reconhecido como um padrão oficial.

Esse arquivo é então dividido em camadas pelo software e o mesmo prepara o código da máquina para ser processado.

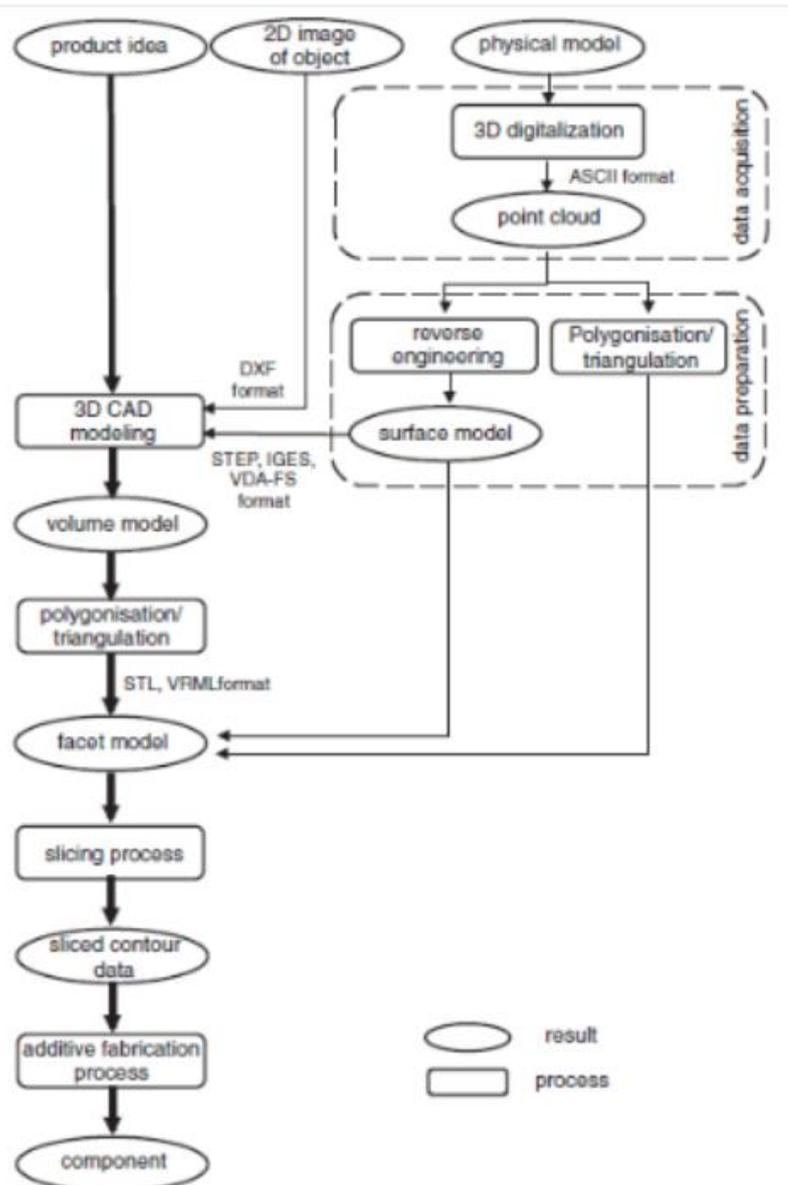


Figura 65: Fluxograma de processos físicos e virtuais para manufatura aditiva

Fonte: Adaptado Thompson (2016)

Reguladores e empresas neste espaço estão trabalhando para estabelecer formatos de arquivo alternativos para aplicações de manufatura aditiva. Como parte desta proposta, o formato AMF que foi padronizado pela ISO/ASTM 52915:2020. Além da geometria da peça, o novo formato permite inserir no arquivo informações extras como cores, materiais, texturas e arranjos de lotes.

Basicamente, as etapas físicas representadas pelo processo de impressão, pós-processamento e aplicação, começam com o código

preparado. Gibson (2009) define as etapas necessárias para a MA e é aplicada independentemente da tecnologia de fabricação utilizada

CAD (Computer-aided design): uma peça criada por MA deve ter sua geometria definida por um modelo numérico (software). Usado como quase todos os softwares profissionais ou de engenharia reversa e scanner de equipamentos;

Conversão para AMF: o arquivo CAD deve ser convertido em um arquivo que possa dividir as peças em camadas;

Fatiamento: a geometria deve ser carregada no software de fatiamento, os parâmetros do processo de fabricação inseridos e o código da máquina gerado;

Transferência para a máquina de manufatura aditiva e manipulação do arquivo: um arquivo representando uma peça deve ser transferido para o equipamento no qual a peça é fabricada. Algumas manipulações podem ser necessárias para corrigir a posição, tamanho ou orientação das peças no arquivo.

Configurar a máquina: pode ser necessário definir alguns parâmetros em sua máquina, como calibração de sensores e movimentos;

Produção: automatizada, requer pouca ou nenhuma supervisão humana direta, essencialmente, deve garantir o abastecimento de material, a descarga da máquina e a prevenção/intervenção em caso de problema;

Remoção: após o término da produção, a peça deve ser retirada da máquina

Pós-processamento: trabalho adicional pode ser necessário após a produção, como remoção e limpeza das estruturas de suporte. Para garantir a qualidade estética do seu trabalho, podem ser necessários processamentos adicionais, como pintura ou tratamento de superfície, ou propriedades físicas desejadas, como resistência e dureza. Algumas técnicas podem exigir uma etapa adicional de cura do material no pós-processamento;

Aplicação: as peças estão prontas para uso.

O processo ilustrado na Figura 68 mostra os quatro estágios definidos da cadeia digital: (1) Projeto e análise, (2) Fabricação e monitoramento, (3) Teste e validação e (4) Entrega e registro.

A fase de projeto e análise compreende no desenvolvimento de componentes, enquanto a fase de fabricação e monitoramento representa a fabricação real do componente por meio do controle automatizado do processo, a etapa de testes e validações representando o controle de qualidade de peças fabricadas e a última, entrega e registro é a documentação e aprovação das peças fabricadas.



Figura 66: Fase digital para o processo de manufatura aditiva

Fonte: Adaptado Paritala, Manchikatla e Yarlagadda (2017)

DISCUSSÕES

A primeira vantagem destacada é a economia de tempo e custo da prototipagem rápida em comparação com o pedido de um molde piloto. A prototipagem rápida torna-se cara quando feita com terceiros, e o lead time aumenta.

Fazer um molde piloto é mais demorado, pois após o projeto da peça, é necessário projetar o próprio molde. Depois é preciso esperar que o molde seja feito e enviado para o fornecedor externo, o que leva mais algumas semanas. Além da diferença de tempo, a diferença de custo também é significativa quando se compara um protótipo rápido de 500 reais e um protótipo de 100 mil reais.

O projeto tem dimensões que não podem ser estimadas por prototipagem rápida porque o material e o processo são diferentes. A vantagem da prototipagem rápida não é que ela elimina a necessidade de um modelo piloto. Ao prototipar rapidamente antes de investir em um molde de teste, você pode identificar problemas mais rapidamente, disponibilizando um protótipo para análise em muito menos tempo e por uma fração do custo.

É possível criar ciclos de aprendizagem mais curtos, o que permite o investimento na forma piloto de um projeto mais maduro que já passou pelo processo de revisão anterior. Protótipos rápidos facilitam a compreensão do produto mesmo para operadores que não têm experiência em design e que têm mais dificuldade em entender a apresentação técnica do projeto.

Graças ao preço mais barato da prototipagem rápida, é possível criar modelos analíticos já no início do desenvolvimento. Dessa forma, é mais fácil integrar esses atores ao projeto mais cedo, o que cria uma oportunidade de integrar novas informações e perspectivas do projeto. O mesmo se aplica à experiência da empresa em apresentar conceitos de produtos a clientes externos.

Em projetos que ainda estão no início e com risco de convergência, não é possível investir na produção de um protótipo piloto, mas é perfeitamente possível fazer um protótipo rápido para apresentação aos clientes. Este tipo de investimento ajuda a empresa a transmitir o conceito do produto desenvolvido,

permitindo ao cliente não só ver simulações em realidade virtual do seu produto, mas também manuseá-lo.

Outro fator em que a prototipagem rápida auxilia indiretamente no processo de desenvolvimento de produtos é a redução da customização de moldes. Se vários ciclos de aprendizado forem criados nos estágios iniciais, é mais provável que os modelos piloto tenham aspectos menos ajustáveis. Reduzir a necessidade de reparos que exigem um novo molde piloto é essencial, mas reduzir as modificações em um molde existente também é altamente desejável, pois reflete a necessidade da indústria de mão de obra e uso de recursos para concluir a tarefa.

Considerando os benefícios, pode-se dizer que com 10% a 25% de eficiência de trabalho, o custo de manutenção do equipamento será reduzido de 10% a 40% e o uso de energia de 10% a 20%.

Sendo um caminho que pode variar entre os pilares de tecnologia, formação de pessoas (competências e habilidades), infraestrutura, gestão e processos.

O primeiro risco apontado considera que as novas tecnologias possuem um potencial destrutivo muito grande e difícil de controlar, representando uma ameaça ao ser humano e ao meio ambiente. Esta ameaça pode ser efetivada por um acidente ou mau uso da tecnologia.

O segundo risco identificado advém da característica sistêmica do desenvolvimento tecnológico, que em grande parte está relacionado à integração em rede, o que pode proporcionar a vulnerabilidade de sistemas integrados como o controle de tráfego aéreo.

O terceiro risco está relacionado com valores éticos e ideológicos, pois se acredita que o desenvolvimento de tecnologias como a clonagem humana e a inteligência artificial.

1. A indústria deverá ter seus processos produtivos mais enxutos;
2. A indústria deverá ter seus funcionários mais qualificados;
3. A inserção na indústria 4.0 inicia por meio de tecnologias já disponíveis e de baixo custo;
4. A indústria investirá em pesquisa, desenvolvimento e inovação.



Figura 67: Processos produtivos mais enxutos

Fonte: Autoria própria

Várias implementações bem-sucedidas da tecnologia MA já foram descritas na literatura, e as peças feitas estão se tornando cada vez mais populares em todo o mundo, mas não há uma estrutura de design clara para implementar o processo de design, o grau de sucesso depende da compreensão dos requisitos funcionais e experiência dos projetistas.

Com base na metodologia desenvolvida por Kumke, Watschke e Vietor (2016), descreve o processo totalmente iterativo em etapas, sendo definição de problema, listagem de requerimentos, determinação de funções e estruturas funcionais, desenvolvimento de concepções, seleção de concepção, análise de viabilidade técnica e econômica, otimização de propriedades específicas do produto, análise de forma e simulação de processo de fabricação

O módulo 1 desenvolve uma lista de requisitos de produto por meio da análise de um projeto de informação. A fase de previsão, módulos 2 e 3 começa com a determinação da estrutura funcional com base nos requisitos do produto a partir da análise funcional. O próximo passo é desenvolver uma ideia de solução básica. O foco está em explorar o potencial do design. O resultado é representado por um ou mais conceitos de produto e, com base no modelo conceitual, é desenvolvida uma estrutura modular de produto. Esta é a primeira etapa do ponto de decisão que inclui os módulos 4 e 6. A divisão em módulos acessíveis respeita as limitações comuns da MA. A viabilidade técnica e econômica é então verificada.

A definição da arquitetura e as etapas de projeto detalhado, módulos 7 e 9 completam a solução de projeto. Na primeira etapa, as características específicas do produto são otimizadas, a partir daí, aplicam-se os requisitos das diretrizes. A etapa final contém submódulos para simulação, verificação de projeto e análise de manufacturabilidade, várias interações diferentes podem ser necessárias para chegar à solução de design final.

A avaliação dos estágios de desenvolvimento do produto cobertos pela metodologia ajuda a identificar em quais estágios do desenvolvimento do produto o sistema pode habilitar os conceitos do DFMA e até que ponto ele pode auxiliar os projetistas.

A Figura 70 mostra a porcentagem de métodos que cobrem cada estágio de desenvolvimento.

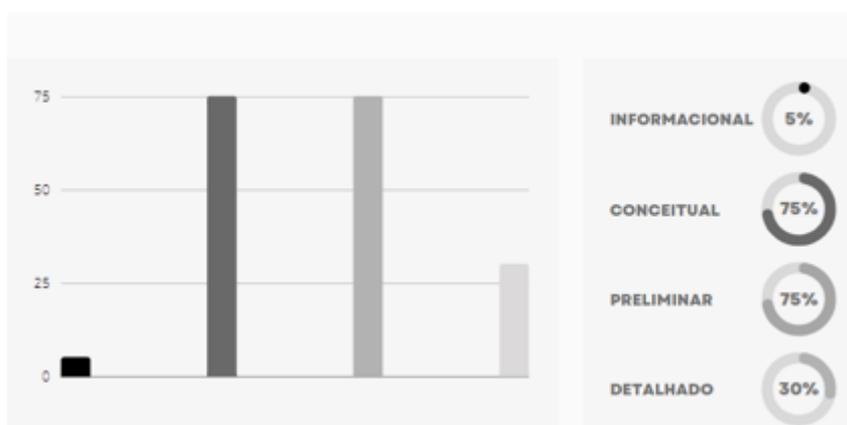


Figura 68: Gráfico que indica uma simulação da fase de desenvolvimento de produto

Fonte: Autoria própria

De acordo com a teoria de desenvolvimento de produto, as decisões mais importantes são tomadas nos estágios iniciais de um projeto. O custo da mudança de desenvolvimento é maior quanto mais tarde a mudança é adiada.

Portanto, o uso de conceitos DFMA durante os estágios de conceito e projeto detalhado geralmente atrasa o tempo de lançamento do produto no mercado e aumenta os custos de desenvolvimento.

A maioria das publicações da DFMA visa combinar geometrias e componentes a serem fabricados usando MA quando o desenvolvimento de conceito de produto já orientado e precisa ser focado. Uma análise dos benefícios da MA pode ser feita com antecedência, portanto, um sistema completo deve permitir que o uso seja avaliado quando os problemas forem identificados.

As ferramentas de desenvolvimento utilizadas representam as etapas para a aplicação sistemática e indicam o objetivo no desenvolvimento da

metodologia, pois permite definir quais características do produto foram maximizadas para a aplicação da MA como processo de fabricação.

Entre as ferramentas mais utilizadas na metodologia estava a análise funcional. Isso demonstra a necessidade de definir o problema que o produto deve resolver e, conseqüentemente, suas capacidades e evolutivas. Dadas as várias limitações do processo a MA na manufaturabilidade da geometria, também podem ser criadas ferramentas que permitem a otimização da peça, dando aos projetistas maior liberdade no desenvolvimento do produto, resultando em um maior nível de otimização possível, precisão entre modelos otimizados usados e modelos fabricados.

Com métodos tradicionais, a semelhança entre as geometrias otimizadas e manufaturadas é muito menor devido a restrições de fabricação e diretrizes rígidas de projeto. As otimizações que afetam o processo de adição de materiais durante a fabricação também são comumente usadas na metodologia. O controle e o tipo de adição de material afetam as propriedades da peça e a confiabilidade do processo.

Como consideração de projeto para a aplicação da MA, a fabricação de camadas com base em modelos CAD expande a imaginação do designer. Ao contrário dos métodos subtrativos e de modelagem, os métodos aditivos podem produzir peças de praticamente qualquer forma.

As peças podem ser projetadas a partir de uma perspectiva modular e híbrida, onde as peças são vistas como um quebra-cabeça 3D com módulos. Esses módulos são fabricados individualmente e posteriormente montados, tendo como principais vantagens possíveis alternativas de design e menor complexidade de fabricação.

Permite a produção de peças com composições complexas de materiais e gradientes de propriedades desenvolvidos por processamento ponto a ponto ou camada a camada. O processo MA permite a geração de complexidade hierárquica em escalas de comprimento de várias ordens de grandeza. as propriedades exclusivas do processo permitem remanufatura e reparo baratos e relativamente rápidos.

Como uma consideração de projeto de montagem, a MA facilita a integração de componentes e montagem embutida com recursos de projeto, unir vários materiais é um método de montagem variável.

Segundo Rosen (2016), os métodos de síntese de formas se enquadram em quatro categorias, sendo a primeira a otimização de tamanho onde os valores das dimensões são determinados, segunda é a otimização da forma, uma forma é uma superfície de peça modificada, geralmente alterando a posição dos vértices de controle para uma curva ou superfície, terceira otimização é topológica, onde a distribuição do material é explorada e quarta otimização evolutiva usa um algoritmo genético para explorar diferentes formas.

CONCLUSÃO

Como uma das principais tecnologias da Indústria 4.0, a manufatura aditiva mostra a necessidade de expandir seu uso como meio de fabricação de produtos finais, ampliando os pilares da indústria e permitindo a flexibilidade nos meios de produção, customização em massa e redução da complexidade da cadeia de suprimentos. Para expandir o uso da MA na fabricação de produtos finais, é necessário identificar o potencial de uso de forma que permita que seja visto como um processo de fabricação em estágios iniciais de desenvolvimento.

É um dos temas mais relevantes e carece de muita pesquisa, a intenção deste trabalho foi disseminar pontos essenciais dessa arte, suas possibilidades e limitações. Todos esses aspectos precisam ser comprovados por meio de muita evidência, mas o potencial da MA e as mudanças fundamentais que seu desenvolvimento e disseminação trarão para o desenvolvimento de produtos e cadeias produtivas são claros. Promete às empresas desenvolver peças ou produtos de forma rápida e econômica que atendam às necessidades exclusivas de cada cliente.

Notamos que o desempenho e a diversidade de materiais e custos reduzidos podem levar à rápida adoção da tecnologia pelo consumidor e ao uso aprimorado da tecnologia na indústria, os resultados atuais mostram que a impressão 3D já vem substituindo a produção tradicional e cresceu em determinados contextos, conforme estudado no trabalho.

Novas aplicações e aceitação deste tipo de tecnologia estão aumentando devido à redução de custos e melhoria da tecnologia. As tipologias propostas nos segmentos identificados são estruturadas como oportunidades para pesquisas futuras, incluindo mercado, tecnologia, economia, organização e impacto econômico, sendo que cada campo tem necessidades e mercados diferentes.

Ser capaz de prototipar e identificar erros desde o início do processo de desenvolvimento do produto e corrigi-los antes de fazer um grande investimento se torna uma economia significativa de recursos e tempo.

Esses ciclos de análise são essenciais para fornecer as informações nas quais as decisões do projeto são baseadas. Sem a prototipagem rápida,

grande parte das informações coletadas pelos designers só poderiam ser integradas ao projeto após o investimento em um molde piloto, permite então que os designers antecipem as informações do projeto e invistam em moldes piloto com total confiança no produto em desenvolvimento.

É esperado que essa tendência tecnológica seja cada vez mais adotada por empresas que desenvolvem e fabricam produtos para o mercado brasileiro.

REFERÊNCIAS

3D DATA. **Prototipagem 3D na indústria de moldes para injeção plástica**. Disponível em: <https://3ddata.com.br/prototipagem-3d-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

3D LAB. **Impressão 3D na indústria: principais usos e benefícios**. Disponível em: <https://3dlab.com.br/impresao-3d-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

3D, Print It. Prototipagem com Impressão 3D - Guia completo. **PRINT IT 3D**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mai./2017. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/guia-r%C3%A1pido-para-prototipagem-de-impres%C3%A3o-3d>. Acesso em: junho de 2022.

3D, Print It. Prototipagem com impressão 3D - Vantagens, benefícios e exemplos. **PRINT IT 3D**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jan./2021. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/prototipagem-com-impres%C3%A3o-3d-vantagens-e-benef%C3%ADcios>. Acesso em: junho de 2022.

ADB. Airship do Brasil inaugura primeira fábrica. **TECNOLOGÍSTICA**, v. 1, n. 1, p. 1-1, abr./2015. Disponível em: <https://tecnologista.com.br/categoria/noticias/airship-do-brasil-inaugura-primeira-fbrica.html>. Acesso em: junho de 2022.

ADB. **Começa uma nova era da aviação**. Disponível em: <http://www.airshipdobrasil.com.br/downloadInformativo?id=71>. Acesso em: junho de 2022.

ADB. **PRODUTOS E SERVIÇOS**. Disponível em: <http://www.adb.ind.br/downloadInformativo?id=79>. Acesso em: junho de 2022.

AIRSHIP DO BRASIL. **Notícias**. Disponível em: <http://www.adb.ind.br/noticiaLista>. Acesso em: junho de 2022.

ALOEE. **5 vantagens de aplicar a inteligência artificial na indústria**. Disponível em: <https://www.aloee.it/blog/inteligencia-artificial-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

BITFAB. **Guia de Prototipagem Rápida, o que é? As 6 tecnologias mais utilizadas**. Disponível em: <https://bitfab.io/pt-pt/blog/prototipagem-rapida/>. Acesso em: junho de 2022.

BLIP, Take. Inteligência Artificial: o que é, conceito e métodos de IA. **BLIP BLOG**, v. 1, n. 1, p. 1-1, ago./2021. Disponível em: <https://www.take.net/blog/tecnologia/inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

BRAIN CUBE. **Quatro formas de usar o Machine Learning na produção industrial**. Disponível em: <https://br.braincube.com/resource/quatro-formas-de-usar-o-aprendizado-de-maquina-na-producao-industrial/>. Acesso em: junho de 2022.

CABRAL, Isabela. Tudo sobre inteligência artificial: 10 fatos que você precisa saber: Significado de IA é relacionado à capacidade de máquinas aprenderem a pensar e a agir como humanos. **TECHTUDO**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mai./2018. Disponível em: <https://www.techtodo.com.br/listas/2018/05/tudo-sobre-inteligencia-artificial-10-fatos-que-voce-precisa-saber.ghtml>. Acesso em: junho de 2022.

CASCO, Matheus Henrique. Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos. **SLIDESHARE**, v. 1, n. 1, p. 1-46, nov./2014. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/44798/>. Acesso em: junho de 2022.

CASTRO, A. G. D. Qual a diferença entre IA, Machine Learning e Deep Learning?. **LINKEDIN**, v. 1, n. 1, p. 1-1, dez./2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/qual-diferen%C3%A7a-entre-ia-machine-learning-e-deep-garc%C3%AAs-de-castro>. Acesso em: junho de 2022.

COROMANT, Sandvik. Um pouco da história da Manufatura Aditiva: As origens da manufatura aditiva ou impressão 3D, como também é conhecida, estão no Japão, mais precisamente no Instituto de Pesquisas de Nagoya. **Ferramental**, v. 1, n. 1, p. 1-1, dez./2020. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/artigo/historia-da-manufatura-aditiva/>. Acesso em: junho de 2022.

COSSETTI, Melissa Cruz. O que é inteligência artificial?. **TECNOBLOG**, v. 1, n. 1, p. 1-1, nov./2019. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

DDDROP. **6 Vantagens da Prototipagem Rápida na Indústria**. Disponível em: <https://dddrop.com.br/6-vantagens-da-prototipagem-rapida-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

DONE 3D. **Soluções completas em impressão 3D**. Disponível em: <https://done3d.com.br/>. Acesso em: junho de 2022.

DURAN, Michel. O papel da Inteligência Artificial na indústria 4.0. **UNISOMA**, v. 1, n. 1, p. 1-1, nov./2020. Disponível em: <https://www.unisoma.com.br/inteligencia-artificial-industria-4-0/>. Acesso em: junho de 2022.

EFAGUNDES. **Projetos de Inteligência Artificial**. Disponível em: <https://efagundes.com/projetos-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

ELETRONOR. Por que a impressão 3D promete revolucionar a indústria?. **ELETRONOR**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mar./2018. Disponível em: <https://www.eletronor.com.br/blog/por-que-a-impressao-3d-promete-revolucionar-a-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

ESSS. Airship do Brasil aposta em simulação computacional para desenvolver tecnologia de ponta. **Blog ESSS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jan./2017. Disponível em: <https://www.esss.co/blog/airship-do-brasil-aposta-em-simulacao-computacional-para-desenvolver-tecnologia-de-ponta/>. Acesso em: junho de 2022.

FISCHER, Luana. Dirigíveis podem ser alternativa para cargas. **JORNAL DO COMÉRCIO**, v. 1, n. 1, p. 1-1, ago./2014. Disponível em: https://d.jornaldocomercio.com/noticia_old.php?codn=169202. Acesso em: junho de 2022.

GABRIEL, Martha. Inteligência Artificial vs Inteligência Humana: porque “together is better”. **LINKEDIN**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mai./2019. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/intelig%C3%AAncia-artificial-vs-humana-porque-together-martha-gabriel-phd/>. Acesso em: junho de 2022.

GORNI, Antonio Augusto. INTRODUÇÃO À PROTOTIPAGEM RÁPIDA E SEUS PROCESSOS. **PLÁSTICO INDUSTRIAL**, v. 1, n. 2001, p. 230-239, jan./2022. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html>. Acesso em: junho de 2022.

GRANDO, Nei. A Essência do Aprendizado de Máquina. **BLOD DO NEI**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mai./2022. Disponível em: <https://neigrando.com/2022/05/04/a-essencia-do-aprendizado-de-maquina/>. Acesso em: junho de 2022.

HOSTMIDIA. **Inteligência Artificial – Tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.hostmidia.com.br/blog/inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

HOSTMIDIA. **Os destinos e perigos da Inteligência Artificial**. Disponível em: <https://www.hostmidia.com.br/blog/limites-eticos-da-inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

HPE. **O que é inteligência artificial?**. Disponível em: https://www.hpe.com/br/pt/what-is/artificial-intelligence.html?jumpid=ps_ryivsujbgd_aid-520061736&ef_id=EAlaIQobChMlUf7dqs9QIVioaRCh2-nAVeEAAYAAEgKZ4_D_BwE:G:s&s_kwid=AL113472!3!567958163217!e!!g!!defini%C3%A7%C3%A3o%20de%20intelig%C3%Aancia%20artificial!12822001834!129778140239&. Acesso em: junho de 2022.

ICMC JÚNIOR. **Inteligência Artificial**. Disponível em: https://icmcjunior.com.br/inteligencia-artificial/?gclid=EAlaIQobChMlreKSst6s9QIVDRGRCh0mXAMFEAYBCAAEgJ_A_D_BwE. Acesso em: junho de 2022.

KOVACS, Leandro. Quais são os tipos de inteligência artificial?. **TECNOBLOG**, v. 1, n. 1, p. 1-1, out./2022. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/quais-sao-os-tipos-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: outubro de 2022.

MEDEIROS, Denis. A História da Inteligência Artificial. **MEDIUM**, v. 1, n. 1, p. 1-1, ago./2019. Disponível em: <https://medium.com/@denisrmedeiros/a-hist%C3%B3ria-da-intelig%C3%Aancia-artificial-20fca8b9abbf>. Acesso em: junho de 2022.

MORILHA, Gisele. Indústria 4.0 e Transformação Digital: saiba como uma coisa pode levar à outra. **Objective**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jan./2020. Disponível em: https://www.objective.com.br/insights/industria-4-0-transformacao-digital/?pht=52731598299904406&term=&network=g&campaign={CampaignName}&adgroupid={AdGroupName}&keyword=&device=c&devicemodel=&adposition=&utm_term=&utm_campaign=%5BDSA%5D+%5BCANNA%5D+Artigos&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4. Acesso em: junho de 2022.

MUV. **Importância da prototipagem 3D no desenvolvimento de produtos**. Disponível em: <https://blog.muv.ind.br/importancia-prototipagem-3d/>. Acesso em: junho de 2022.

MUV. **Prototipagem rápida: O que é, vantagens e aplicações**. Disponível em: <https://blog.muv.ind.br/prototipagem-rapida/>. Acesso em: junho de 2022.

NEOWAY. Inteligência Artificial: O que é, como funciona e exemplos. **NEOWAY**, v. 1, n. 1, p. 1-1, set./2020. Disponível em: <https://blog.neoway.com.br/inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

NOME_SITE. **INTRODUÇÃO, DEFINIÇÃO, HISTÓRICO E QUADRO EVOLUTIVO**. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC131/Aula%201%20-%20MA%20-%20Defini%C3%A7%C3%A3o%20e%20historico%20-%20PB.pdf>. Acesso em: junho de 2022.

PIRES, Jussara. Já pensou como a consultoria da manufatura aditiva pode ajudar sua empresa?. **LWT SISTEMAS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mar./2021. Disponível em: <https://www.lwtsistemas.com.br/2021/03/26/como-a-consultoria-da-manufatura-aditiva-pode-ajudar-sua-empresa/>. Acesso em: junho de 2022.

PLOOMES. Como a impressão 3D pode revolucionar a produção?: A elaboração dos protótipos pode ser um processo demorado (e muitas vezes custoso). Descubra como a prototipagem rápida vem alterando esse cenário.. **PLOOMES**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jul./2019. Disponível em: <https://blog.ploomes.com/prototipagem-rapida-impressao-3d/>. Acesso em: junho de 2022.

POLIMEROS, Mais. Impressão 3D na Indústria 4.0: entenda essa revolução tecnológica. **MAIS POLIMEROS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jan./2020. Disponível em: <https://maispolimeros.com.br/2020/01/30/impressao-3d/>. Acesso em: junho de 2022.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: junho de 2022.

PRAXIS. Desenvolvimento de Produtos. **PRAXIS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, set./2018. Disponível em: https://praxisjr.com.br/nossoblog/desenvolvimento-de-produtos/?gclid=EAIaIQobChMlr_vV-uTe9glVjAaRCh31VAZsEAAYAiAAEgKj5PD_BwE. Acesso em: junho de 2022.

REDAÇÃO. Levantamento mostra que aplicação de impressão 3D esbarra em alto custo e baixa produtividade no Brasil. **TIINSIDE**, v. 1, n. 1, p. 1-1, dez./2018. Disponível em: <https://tiinside.com.br/16/12/2018/levantamento-mostra-que-aplicacao-de-impressao-3d-esbarra-em-alto-custo-e-baixa-produtividade-no-brasil/>. Acesso em: junho de 2022.

REDAÇÃO. Vale a pena investir em prototipagem 3D?. **A VOZ DA INDÚSTRIA**, v. 1, n. 1, p. 1-1, ago./2017. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/gestao/vale-pena-investir-em-prototipagem-3d>. Acesso em: junho de 2022.

RONEMAK. **Um pouco da história da manufatura aditiva**. Disponível em: <https://www.ronemak.ind.br/single-post/2018/06/25/um-pouco-da-hist%C3%B3ria-da-manufatura-aditiva#:~:text=As%20origens%20da%20manufatura%20aditiva,pela%20tecnologia%20de%20pol%C3%ADmero%20fotoendurecido>. Acesso em: junho de 2022.

SALES, Raquel. Por que a impressão 3D se tornou tão importante na indústria?. **ACOPLAST**, v. 1, n. 1, p. 1-1, out./2020. Disponível em: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/impressao-3d-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

SCIENCE, Data. Ferramentas de Infraestrutura Para Machine Learning em Produção. **Data Science Academy**, v. 1, n. 1, p. 1-1, nov./2020. Disponível em: <https://blog.dsacademy.com.br/ferramentas-de-infraestrutura-para-machine-learning-em-producao/>. Acesso em: junho de 2022.

SIEMENS. **Inteligência artificial na indústria: produção inteligente**. Disponível em: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/stories/tecnologia/ai-na-industria.html>. Acesso em: junho de 2022.

STOODI. **Inteligência artificial: o que é, como funciona e aplicações**. Disponível em: <https://www.stoodi.com.br/blog/atualidades/inteligencia-artificial/>. Acesso em: junho de 2022.

TECNICON. **Como a Impressão 3D favorece a Indústria 4.0?**. Disponível em: https://www.tecnicon.com.br/blog/424-Como_a_Impressao_3D_favorece_a_Industria_4_0_%20%20exemplos%20favorecimento%20na%20ind%C3%BAstria. Acesso em: junho de 2022.

TECNICON. Inteligência Artificial (IA): como aplicá-la na linha de produção?: Descubra como a Inteligência Artificial pode facilitar o dia a dia da sua produção. **TECNICON**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jun./2020. Disponível em: https://www.tecnicon.com.br/blog/477-Inteligencia_Artificial_IA_como_aplica_la_na_linha_de_producao_. Acesso em: junho de 2022.

TOTVS. Indústria 4.0: o que é, impactos, benefícios e tecnologias. **TOTVS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, mar./2021. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0/>. Acesso em: junho de 2022.

TOTVS. Inteligência Artificial na Indústria: como funciona a aplicação?. **TOTVS**, v. 1, n. 1, p. 1-1, fev./2019. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/inteligencia-artificial-na-industria/>. Acesso em: junho de 2022.

UFRGS. **EPR 112 Modelos Referencias do PDP**. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/187_metdp_ep_academico_2012.pdf. Acesso em: junho de 2022.

ULBRICH, Cris. O desafio da manufatura aditiva no ambiente industrial. **PLÁSTICO INDUSTRIAL**, v. 1, n. 1, p. 1-1, jul./2021. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/2669-O-desafio-da-manufatura-aditiva-no-ambiente-industrial.html>. Acesso em: junho de 2022.

USP. **Manufatura Aditiva**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3459951/mod_resource/content/1/Aula_Manufatura_Aditiva.pdf. Acesso em: junho de 2022.

VILAGE. **Prototipagem e Impressão 3D**. Disponível em: <https://www.vilage.com.br/prototipagem-e-design-de-produtos/prototipagem-e-impressao-3d/>. Acesso em: junho de 2022.

VIU. Embraer revela tecnologia que deixou peças dos aviões E2 até 40% mais leves. **VIU**, v. 1, n. 1, p. 1-1, ago./2021. Disponível em: <https://www.portalviu.com.br/tecnologia-e-inovacao/embraer-revela-tecnologia-que-deixou-pecas-dos-avioes-e2-ate-40-mais-leves>. Acesso em: junho de 2022.

WISHBOX, Redação. MANUFATURA ADITIVA: ENTENDA O QUE É E COMO ELA FUNCIONA. **Wishbox**, v. 1, n. 1, p. 1-1, set./2015. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/o-que-e-manufatura-aditiva/#:~:text=Manufatura%20aditiva%20%C3%A9%20a%20nomenclatura,est%C3%A1%20possibilitando%20uma%20verdadeira%20revolu%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: junho de 2022.

WISHBOX. **PROTOTIPAGEM RÁPIDA: O QUE É, TIPOS, VANTAGENS E APLICAÇÕES**. **WISHBOX**, v. 1, n. 1, p. 1-1, dez./2020. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/prototipagem-rapida/>. Acesso em: junho de 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA PESQUISA BASEADO NAS ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

Etapas		Resultados	Carga Horária	2022												
				Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov		
I	Delimitação do tema	Tema a ser abordado pela pesquisa	15	○												
II	Formulação do problema	Problema estabelecido	15	○												
III	Elaboração do Projeto de Pesquisa	Projeto de Pesquisa	150		○	○	○	○								
IV	Levantamento de artigos científicos e material teórico de referência	Trabalhos científicos, artigos e bibliografias relevantes à pesquisa	500					○	○	○	○	○	○	○		
V	Análise e compilação dos dados que farão parte integrante da pesquisa	Fundamentação teórica definitiva	200										○	○	○	
VI	Elaboração do registro da pesquisa	Trabalho redigido	150											○	○	
VII	Revisão e correção da pesquisa	Trabalho revisado após verificação do professor orientador	20													○
VIII	Aprovação das citações da organização escolhida	Trabalho revisado após verificação da organização Airship do Brasil	20													○
IX	Entrega da pesquisa	Entrega do Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação	10													○
X	Entrega da versão final	Trabalho concluído	0													○
Total carga horária			1080													

APÊNDICE 2 – ESTRUTURA DA PÁGINA 1 DO BANCO DE QUESTÕES



Banco de Questões para Trabalho de Conclusão de Curso

Candidato: Thiago Rocha
Cargo: Engenheiro Aeronáutico Pleno
Data: 23/09/2022

CATEGORIA A: Dados gerais da empresa

1. Número de funcionários:

25

2. Tempo (anos) em que a empresa está no mercado:

12 anos

3. Ramo de atuação:

Indústria de P&D e Estratégia e Defesa.

4. Portfólio de produtos da empresa: descrever quais são os produtos da empresa:

Plataformas mais leves que o ar (Dirigíveis e Aeróstatos).

5. Marcar [x] os tipos de projetos que a empresa desenvolve (pode marcar + de um).

Radical: mudanças significativas, novas categorias ou famílias de produtos; novas tecnologias e materiais, processos de fabricação inovadores são necessários;

Projetos plataformas ou próxima geração: Mudanças significativas; sem novas técnicas ou materiais. Novo sistema de solução para o cliente. Uma estrutura comum entre diferentes modelos de uma família de produtos;

Projetos incrementais ou derivados: Pequenas alterações em relação às existentes. Por exemplo, reduzir custos. Inovação incremental de produto/processo;

Projetos follow source: De outras empresas do grupo, clientes ou contratos de tecnologia. Não são necessárias grandes mudanças. As unidades locais adaptam-se às condições locais. Inclui processo, equipamento, ferramental, produção piloto e validação de início de produção.

6. Com relação à questão anterior (tipos de projetos) acrescente informações adicionais que ache pertinente:

Desenvolvimento de uma nova tecnologia para retorno dos transportes por dirigíveis, e em cima dessas plataformas desenvolver um portfólio de produtos mais leves que o ar para: turismo, propaganda, transporte de passageiros e cargas, defesa e monitoramento de fronteira.

7. Existe envolvimento entre os diferentes setores/áreas da empresa com relação ao desenvolvimento de produtos da empresa (S/N)? Explique:

Sim, toda equipe é livre para trazer ideias e pesquisar novos produtos e tecnologias, e mesmo clientes/parceiros. Esses temas são então tratados em reunião como todos para discutir sua aplicabilidade ou não.

APÊNDICE 3 – ESTRUTURA DA PÁGINA 2 DO BANCO DE QUESTÕES

8. Explique o método (formal/informal) de desenvolver/melhorar produtos que a empresa tem, desde a ideia inicial até o início da produção de um novo produto ou variação dos existentes. Caso entenda que a empresa não tem um método, explicar.

É feito um brainstorm com todas as cabeças/setores da empresa: Engenharia, Produção, Operações, Qualidade para se acertar as demandas e os primeiros passos do projeto. A equipe de Engenharia começa a preparar todos os desenhos e blueprints do projeto para que a equipe de PCP na Produção possa começar o cadastro das estruturas no sistema ERP. Essa etapa muitas vezes já se encontra gargalos e falhas. A equipe de Produção é então consultada e informada das atividades. Conjuntamente com Produção, PCP faz o planejamento e sequenciamento das atividades. Iniciada a produção de fato, todos os dias reuniões de acompanhamento são feitas para o processo de melhoria contínua e modificações dos planejamentos para buscar as melhores saídas e prazos.

CATEGORIA B: Pré-desenvolvimento

9. Existem na empresa atividades que possam ser consideradas como planejamento estratégico de produtos? Explique.

Sim. Todos os dias as equipes se reúnem para traçar o plano de ação em cima das atividades correntes e estipular prazos, metas a fim de se atingir o objetivo proposto. Essas reuniões são feitas pelas principais cabeças de cada setor. Isso vale tanto para as ações correntes quando surgem demandas de possíveis clientes/parceiros. A metodologia é a mesma.

10. Existe reuniões onde o objeto de discussão é o portfólio de produtos? Com que frequência?

Não, o foco da empresa atual é na certificação de um produto somente. No passado havia, mas no momento não mais.

11. De que forma as ideias de novos produtos ou variações surgem dentro da empresa?

De reuniões com todas as partes, de possíveis clientes que surgem, até mesmo de ideias dos funcionários. Como não há clientes no momento, a busca por produtos voltados ao mercado não está sendo feito. O foco é somente na certificação do atual produto, por isso essa atividade está jogada de lado.

12. Com relação às questões 9,10 e 11 existem documentos internos relacionados que formalizam essas questões ou atividades? Como esses documentos são encaminhados dentro da empresa?

Todas as reuniões são gravadas quando em videoconferência ou consignadas em ATA.

CATEGORIA C: Atividades genéricas

13. Que indicadores de viabilidade econômica a empresa utiliza? Explique.

A empresa atualmente é voltada para Produção e Desenvolvimento, a equipe comercial faz parte de outra filial e não nos cabe tal atividade para poder discriminar aqui.

14. A empresa tem momentos, etapas ou reuniões para avaliar um projeto de um produto novo ou variação que está em andamento? Com frequência (semanal, mensal, diária, conforme necessidade e etc.)? Explique (mesmo que a resposta seja negativa)

Vide resposta da pergunta 10.

15. As ações atividades relacionadas ao desenvolvimento ou melhoria de um novo produto ou variação dos existentes são documentadas?

Sim, são discutidas em CRM e registradas em PR/CP e ECOs, além de implementadas via Ordens de Produção/Serviço.

APÊNDICE 4 – ESTRUTURA DA PÁGINA 3 DO BANCO DE QUESTÕES

16. Como é evitado que ações “que deram errado” no passado voltadas ao desenvolvimento ou melhoria de um novo produto ou variação não sejam “tentadas de novo”? Existe risco de isso acontecer na empresa? Explique

Por ser uma empresa do ramo aeronáutico, todos os processos devem ser escritos e rigidamente seguidos. Caso uma atividade tenha dado errado, essa então é discutida em reunião de CRM e registrada, quando uma determinada atividade não é condizente com as metodologias padrões de fabricação, deve-se criar um procedimento de manufatura que indique a maneira correta de agir e fabricar. Erros são passíveis de ocorrer, o trabalho é principalmente humano e pouco computadorizado, então a defesa para que ocorra é a escrita interna de procedimentos com técnicas e meios de se agir.

17. Ações “que deram certo” no passado voltadas ao desenvolvimento ou melhoria de um novo produto ou variações podem ser reutilizadas?

Não só ser reutilizadas mas inseridas no processo via estrutura de produto e procedimentos para que se tornem a ação normal a ser seguida.

CATEGORIA D: Desenvolvimento - Projeto informacional

18. Quais são as informações coletadas/utilizadas pela empresa voltadas ao desenvolvimento ou melhoria de um novo produto ou variação?

Capacidade da Empresa (quem, como, quando, onde)

Recursos necessários

Visão e viabilidade a longo prazo do produto, se suprirá a necessidade a que se dispõe.

19. Que normas/padrões a empresa utiliza relativas aos produtos

Normas do seguimento aeronáutico, e das autoridades de aviação civis mundiais: FAR, RBAC, RBHA, CRS, ASTM, NAS, MIL STANDARD.

20. Existe busca em bancos de patentes como fonte de inspiração para os produtos da empresa?

Parcialmente, a empresa é detentora de patentes para seus produtos, uma busca prévia é feita para se avaliar se há ideias parecidas, as

21. Como as informações dos concorrentes são consideradas?

É um ramo com baixa competitividade, até o momento não há empresas buscando o mesmo segmento. É a única no Brasil.

22. Existem históricos das vendas dos produtos?

Não, estamos em P&D.

23. O ciclo de vida dos produtos da empresa é analisado pela curva de vendas?

N/A

24. Existem ações de marketing relativas aos produtos da empresa? Levam em conta o estágio de vida do produto (lançamento, crescimento, maturidade, declínio)?

Enquanto estiver na etapa de certificação e P&D não há busca por marketing ainda.

25. Existe coleta de dados junto aos clientes externos? De que forma?

N/A

APÊNDICE 5 – ESTRUTURA DA PÁGINA 4 DO BANCO DE QUESTÕES

26. O “time” de projetos ou pessoas responsáveis tem especificações ou meta claras do produto que está sendo desenvolvido? Explique

Sim, é estipulado uma meta pelo presidente da empresa, e esse prazo é trabalhado internamente para alinhar as etapas produtivas e documentais, bem como alinhado junto à ANAC para que sejam cumpridas as inspeções em tempo hábil.

CATEGORIA E: Pós-desenvolvimento

27. A empresa possui documentos ou relatórios de acompanhamento do desempenho das vendas de produtos? Explique

N/A

28. Existe alguma forma de receber as reclamações ou feedback dos usuários ou clientes dos produtos da empresa? Explique

Sim, há na entrada da empresa uma urna para que seja depositado o feedback ou risco encontrado na empresa.

29. A satisfação do cliente é avaliada de alguma forma?

N/A

30. A “voz” dos clientes de alguma forma oportuniza/ocasiona ações ou projetos de melhoria nos produtos? Explique

N/A

31. Em que momento ou como um produto deixa de ser produzido na empresa?

N/A

QUER ACRESCENTAR INFORMAÇÕES, UTILIZE O ESPAÇO ABAIXO :)

N/A