

# UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D NA MANUFATURA PARA A OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICAS

Géssica da Cruz Ferreira<sup>1</sup>

Thaiza Regina Krüger<sup>2</sup>

Christiane Bischof dos Santos<sup>3</sup>

## RESUMO

Este artigo tem como objetivo geral apresentar os benefícios obtidos com a aplicação da impressão 3D em processos de manufatura nas indústrias automobilísticas, bem como identificar as principais vantagens e desvantagens ao utilizar este tipo de tecnologia no meio produtivo. Para tanto, de forma exploratória, conduziu-se um estudo de múltiplos casos, escolhendo como unidades de análise quatro empresas do setor automotivo. Em seguida, como coleta de dados, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com pessoas que participam do uso das impressoras 3D no meio produtivo das empresas estudadas. Após a realização das entrevistas, as mesmas foram transcritas e analisadas utilizando-se a metodologia de análise de conteúdo, tais análises tiveram o auxílio do software ATLAS.ti® versão demonstração. Com a análise foi possível alcançar resultados satisfatórios ao levantar as principais aplicações da impressão 3D, além de identificar os benefícios, as dificuldades e as perspectivas de aplicação e evoluções futuras da tecnologia de impressão 3D no meio produtivo do setor automotivo.

Palavras-chave: Impressora 3D. Prototipagem Rápida. Inovação. Indústrias Automobilísticas. Otimização de Processos.

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia de Produção pela FAE Centro Universitário. *E-mail*: gessica.ferreira93@gmail.com.br

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia de Produção pela FAE Centro Universitário. *E-mail*: thaiza.kruger@gmail.com.br

<sup>3</sup> Orientadora da pesquisa. Professora da FAE Centro Universitário. Leciona, no curso de Administração e no Curso de Engenharia de Produção, a disciplina de Projeto de Graduação. *E-mail*: christiane.santos@fae.edu

## INTRODUÇÃO

Em busca pela maior competitividade no mercado, as empresas estão buscando tecnologias que as auxiliem a melhorar seus processos, a qualidade de seus produtos, a reduzir os custos e os tempos de produção.

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

A prototipagem rápida permite a elaboração de métodos de desenvolvimento de produtos, sendo este realizado em etapas, permitindo a interação de diversas áreas como: planejamento, desenvolvimento e execução, tendo como principal foco o desenvolvimento de componentes funcionais, protótipos e formas de objetos em um curto período de tempo, e respeitando as especificações exigidas para o produto final (VOLPATO et al.,2007).

Segundo Pipes (2010), um dos principais benefícios obtidos com a utilização da prototipagem rápida é a visualização do produto, o que proporciona uma compreensão espacial dos modelos, sendo que estes podem ser produzidos em pequena escala. Assim, a impressão 3D está se tornando uma técnica bastante utilizada na fase do processo do projeto, em que os produtos são produzidos diretamente através de um modelo computacional, o que elimina o uso de ferramentas, diminui o tempo e os custos da produção.

Sendo assim, o presente trabalho trará as definições, bem como os benefícios alcançados com a aplicação da técnica nos processos de desenvolvimento de produtos no chão de fábrica de indústrias automobilísticas.

O objetivo geral deste trabalho é: verificar os benefícios obtidos com a aplicação da impressão 3D em processos de manufatura nas indústrias automotivas.

Os objetivos específicos são:

- a) Contextualização das origens, aplicações, vantagens e desvantagens da impressão 3D;
- b) Descrever diferentes tecnologias e processos de impressão 3D disponíveis no mercado;
- c) Identificar principais aplicações da impressão 3D nos processos de manufatura que ocasionam benefícios significativos;
- d) Investigar e descrever as melhorias obtidas no processo de manufatura após a inserção da impressão 3D.

A utilização da impressão 3D 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 produzidas (NOTICENTE, 2015).

Takagaki (2012) comenta que com o uso da tecnologia de impressão 3D é possível criar protótipos praticamente em tempo real e com custos aceitáveis, possibilitando a realização de testes em relação à forma, ergonomia e aplicação física do protótipo físico de forma prática e eficiente. Apresentando como a principal característica dessa tecnologia a possibilidades de customização das peças.

O presente trabalho propõe um estudo dos meios de aplicação da tecnologia de impressão 3D existente na prototipagem rápida, como ferramenta de inovação e desenvolvimento na manufatura automobilística.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo Hausman e Horne (2014) existem muitas semelhanças entre as impressoras normais e aquelas que imprimem objetos tridimensionais, pois, as duas recebem um documento eletrônico transmitido pelo computador. A diferença está na criação de objetos sólidos tridimensionais através da utilização da impressora 3D, a partir de uma grande variedade de materiais, e não apenas a obtenção de um simples documento de papel.

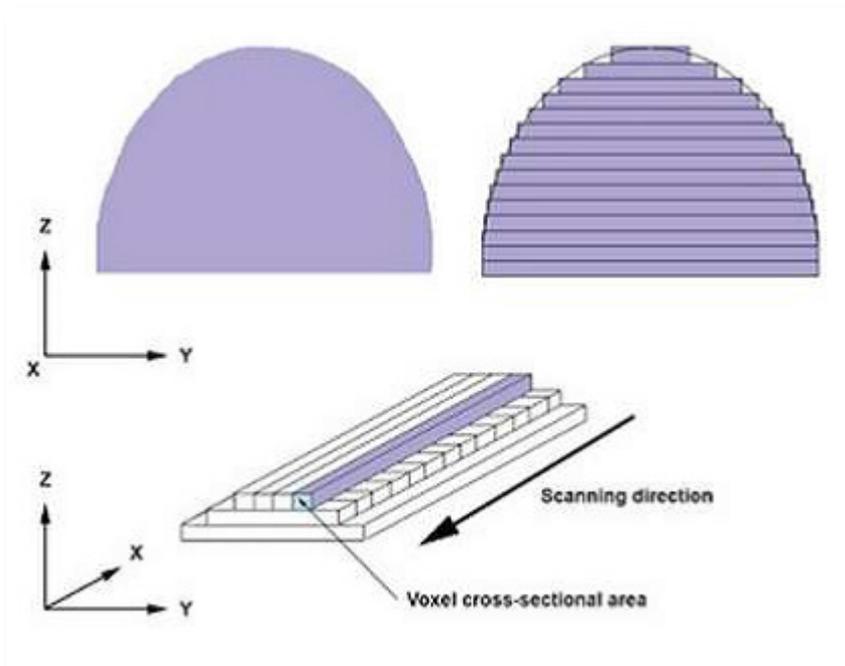
A técnica da impressão 3D consiste na utilização de impressoras de prototipagem rápida que têm a função de desenvolver protótipos de produtos no menor tempo possível, tendo como vantagem sobre as máquinas tradicionais a dispensa do uso de ferramental e a diminuição dos custos de produção.

A modelagem tridimensional surgiu entre o final dos anos 80 e início dos anos 90, ganhando espaço no mercado por ser uma técnica viável e que traz retornos rápidos. Esta técnica consiste na obtenção de formas tridimensionais de qualquer tipo de objeto através de uma representação matemática feita em softwares computacionais (VOLPATO et al., 2007).

Já em relação à prototipagem rápida, esta é utilizada como uma técnica de fabricação aditiva, em que o objeto é desenvolvido graficamente em um software computacional e é fabricado através da deposição de sucessivas camadas de material, geralmente polímeros, em uma plataforma que contém o molde do produto final (VOLPATO et al., 2007).

A figura 1 representa a técnica de fabricação aditiva utilizada nas impressoras 3d, mencionada anteriormente:

FIGURA 1 – Modelo de impressão 3D



FONTE: Canessa, Fonda e Zennaro (2013)

Atualmente, a prototipagem rápida utiliza-se de um conjunto de tecnologias utilizadas para a fabricação de objetos físicos através de fontes geradas por sistemas de projetos através de um software de desenho (CAD). Este método permite a criação de protótipos utilizando-se projetos de figuras bidimensionais que permitem diversos usos: serve como auxílio visual para discussões de projetos entre colaboradores e clientes, permite a realização de testes prévios, permitem a obtenção de peças com qualidade igual a de produção em série, entre outros (CURTIS, 2006).

A aplicação da impressão 3D objetiva o trabalho nos moldes físicos permitindo a realização de ajustes que, são as principais causas de retrabalho na produção tradicional.

A procura pela impressão 3D em substituição aos métodos tradicionais de fabricação manual deriva do fato da capacidade de se produzir peças de elevada complexidade de forma muito mais rápida. Pelos métodos tradicionais se gasta meses na concepção e desenvolvimento de novos produtos. Com a aplicação da técnica de prototipagem rápida, este tempo pode ser substituído por semanas, até mesmo dias, fazendo com que a organização economize em tempo e dinheiro (GROOVER, 2007).

## 1.1 PRINCIPAIS TIPOS DE PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

A escolha da tecnologia a ser aplicada baseia-se no tipo de estado inicial da matéria-prima que será utilizada na fabricação, podendo ser classificados em: sólido, líquido e pó (VOLPATO et al., 2007).

- Matéria-prima líquida: esta categoria envolve as tecnologias de polimerização de resinas líquidas através de um laser UV ou o jateamento de resina líquida por jateamento e posterior cura por exposição à luz UV.
- Matéria-prima sólida: neste caso, o material pode estar na forma de filamentos ou lâminas. Em alguns casos, o material é fundido antes da sua deposição, em outros casos, são recortadas lâminas do material adicionado.
- Matéria-prima em pó: neste caso podem ser utilizados lasers para o processamento ou um aglutinante que é aplicado através do jateamento de tinta.

Estes tipos de tecnologias possuem fases de fabricação similares e que de uma forma macro são descritas conforma as seguintes etapas (VOLPATO et al., 2007):

1. Elaboração e planejamento da peça através da modelagem tridimensional no sistema CAD;
2. Geração da geometria 3D da peça utilizando o padrão STL (*Stereolithography*), que consiste na aproximação da superfície da peça utilizando-se malhas de triângulos;
3. Análise e validação do arquivo de dados;
4. Planejamento do processo de fabricação, definindo-se a estratégia de deposição do material nas camadas sucessivas;
5. O processo de fabricação em si;
6. O pós-fabricação em que ocorre a limpeza e o acabamento da peça.

No QUADRO 1 são apresentados os principais processos de prototipagem rápida, sendo considerados os mais promissores e importantes comercialmente, os quais são classificadas em três grupos devido às matérias primas utilizadas: Baseados em Líquidos, baseados em Sólidos e baseados em pó.

QUADRO 1 – Classificação de processos prototipagem rápida

Continua

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)

Baseada em líquidos	Baseadas em sólidos	Baseadas em Pó
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	-

FONTE: VOLPATO et al., (2007) adaptado pelas as autoras.

A escolha do processo de fabricação vai depender da função que deseja-se que o protótipo desempenhe, ou seja, existem processos que devido as suas características, são utilizados na fabricação de protótipos visuais, enquanto outros permitem a obtenção de protótipos que se assemelham muito às peças finais (VOLPATO et al., 2007).

### 1.1.1 Vantagens

Segundo Horne e Hausman (2014), a técnica da modelagem tridimensional permite a realização de projetos personalizados de produtos, o que facilita o atendimento das necessidades de cada cliente individualmente, tanto no que diz respeito às especificações, quanto a design inovador e utilização de uma variedade de materiais para a fabricação.

Ainda de acordo com Horne e Hausman (2014), uma vantagem muito significativa é a produção de estruturas complexas, rígidas e leves, que seriam impossíveis de serem fabricadas por processos de moldagem e fundição. Assim, as impressões 3D podem produzir objetos leves, o que reduz custos, como por exemplo, economia de combustível, utilização de menos material para deposição e aplicação de materiais alternativos e mais baratos, como os de origem vegetal para o molde das peças.

A prototipagem rápida permite a reciclagem das peças, pois, o protótipo não é enviado ao cliente final, podendo voltar a sua condição original para possíveis alterações, o que além de reduzir os custos, diminui o impacto ambiental, pois, evita descarte de peças e permite o aproveitamento de materiais usados para a fabricação de novos protótipos (MIETTI E VENDRAMETO, 2000).

No que diz respeito ao processo de produção, permite a produção em pequenas escalas, em menor tempo e utilizando menos material e mão-de-obra do que a produção em massa tradicional (MIETTI E VENDRAMETO, 2000).

### 1.1.2 Desvantagens

De acordo com Seguin (2011), as impressoras 3D apresentam algumas desvantagens na sua aplicação, principalmente na manutenção das mesmas. Por ser uma tecnologia relativamente nova, existe uma falta de mão-de-obra especializada para realizar tal serviço, o que gera altos custos.

Outra desvantagem que o autor aponta consiste na retirada do modelo de peças grandes da impressora, pois, quando são produzidas com espessuras muito finas podem acarretar na quebra da parede.

Apesar de poder ser utilizada uma grande gama de material para as impressões 3D, existe uma limitação quando deseja-se a produção de objetos na forma de metal. Devido aos materiais possuírem propriedades mecânicas diferentes, somente alguns tipos de materiais podem ser empregados para os processos que se utilizam da tecnologia 3D. As peças fabricadas através dos processos de prototipagem rápida apresentam acabamento superficial inferior quando comparadas as peças produzidas através do processo de usinagem (SEGUIN, 2011).

Por fim, algumas impressoras 3D podem exigir a utilização de mais material para realizar o processo, o que pode gerar desperdícios de consumo de material.

## 1.2 APLICAÇÕES

A tecnologia da impressão 3D está sendo aplicada em diversos setores, não só apenas na criação de protótipos para a indústria. Esta técnica está sendo utilizadas também nas pesquisas acadêmicas, nas áreas sociais, em medicina na fabricação de próteses personalizadas, máquinas de tomografia e estudo da anatomia do corpo humano.

Atualmente podemos citar como aplicações eficazes da tecnologia da impressão 3D uma variedade de produtos incluindo implantes médicos, peças ortopédicas e dentárias, aparelhos auditivos, ferramentas, componentes aeroespaciais, componentes militares e automotivos, eletrônica, arte, joias, iluminação comercial, avatares de videogame e alimentos modificados (SRIVATSAN e SUDARSHAN, 2015).

O setor de construção civil também utiliza esta metodologia para a produção de maquetes, protótipos de modelos 3D e para a fabricação de casas, devido à rapidez na obtenção de objetos tridimensionais e a flexibilidade da técnica.

Peças impressas em 3D no ramo automotivos incluem objetos como painéis frontais, painéis das portas, sistemas de adesivos, saias laterais, arcos das rodas, máscaras das lâmpadas, e alguns artigos pequenos do interior. O automóvel com peças

em impressão 3D resulta, em âmbito de teste, o mesmo nível com um veículo feito com peças usando peças de processo fabril convencional (SRIVATSAN e SUDARSHAN, 2015).

### 1.3 DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Segundo, Volpato (2007), a perspectiva para essa tecnologia é a evolução dos processos produtivos, ou seja, que a mesma possa ser utilizada também para a produção das peças finais. Sendo assim, a prototipagem rápida poderá passar a ser chamada de “Produção Rápida” ou de “Manufatura Rápida”. Com esta evolução e melhoria dos processos, objetiva-se a produção de peças com o material desejado, utilizando o menor tempo possível e sem geração de estoques.

Com isso, observa-se que os entre os desafios para o futuro ainda estão à redução de custos, a diminuição de estoques, ou seja, as peças devem ser produzidas na medida em que surge a demanda para as mesmas, a produção de peças no material requerido, com as especificações necessárias e com as mesmas características mecânicas das peças originais.

Outra evolução que se espera para esta técnica é o crescimento na personalização dos produtos, chegando ao ponto de os clientes conseguirem montar os seus produtos através da Internet e estas peças serem produzidas através da “Produção Rápida” (VOLPATO, 2007).

## 2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Com base nos objetivos do presente trabalho podemos classificar o presente trabalho com finalidade exploratória, que buscará investigar o tema e a hipótese propostos, tendo como objetivo apresentar um resultado final em resposta ao problema de pesquisa.

A pesquisa exploratória tem como objetivo o aprimoramento de ideias ou descoberta de intuição, sendo bastante flexível em relação aos vários aspectos do caso estudado. Normalmente esse tipo de pesquisa é seguido por um levantamento do referencial teórico, entrevistas com indivíduos relacionados e com experiência com o problema de pesquisa e por fim análise e compressão do tema (GIL, 1999).

O procedimento de pesquisa do presente trabalho será conduzido como estudo de multi casos, com característica de investigar um fenômeno no contexto da vida real, possibilitando o desenvolvimento de novas teorias e entendimento sobre o fenômeno abordado (MIGUEL, 2010).

A construção do estudo de caso segue a seguinte estrutura de pesquisa (MIGUEL, 2010): conceitual teórico; planejamento do estudo de caso; ferramenta e método de coletas de dados; coleta de dados e análise de dados.

Na primeira etapa da pesquisa, para a compreensão e exploração do tema, é definido uma estrutura conceitual-teórica sobre o tema. Nesta fase é explorado o referencial teórico através do mapeamento literário e fontes relevantes ao tema de pesquisa.

A segunda etapa é o planejamento do estudo de caso, tendo como primeira tarefa a escolha do (s) caso (s), ou seja, o tipo de estudo de caso e a quantidade de casos. O presente trabalho está definido como estudo de caso tipo transversal de múltiplos casos. Foram escolhidos como objetos de estudo os casos de aplicação de impressoras 3D em quatro empresas do setor automobilístico, reconhecidas pelo seu alto grau de inovação.

Após a definição dos casos, a terceira etapa trata da definição e criação dos instrumentos e métodos de coleta de dados. Para o levantamento de dados, ficou definido a criação do roteiro de entrevista, os mesmos, auxiliaram na averiguação da análise dos eventos já existentes sobre o problema de pesquisa e expectativas dos interlocutores dos resultados a serem obtidos com o estudo.

Entrevista parcialmente estruturada possibilita a liberdade de ser guiada por uma relação de pontos de interesse que o entrevistador vai explorando ao longo da entrevista (GIL, 1999).

Após a elaboração dos instrumentos de coleta de dados, haverá a necessidade de conduzir um teste-piloto. O objetivo do teste é verificar a aplicabilidade e revisar o procedimento de aplicação, conseguindo ter condições de verificar a qualidade dos instrumentos de coleta de dados, conseqüentemente será possível realizar melhorias e ajustes no instrumento de coleta de dados.

Após a coleta de dado (entrevistas) temos a última etapa de pesquisa. Trata-se da análise destes dados, levando em consideração os múltiplos estudos de casos. Com o auxílio do software ATLAS.ti® versão demonstração, utiliza-se como técnica a análise do conteúdo que é uma forma bastante eficaz para estudar e analisar dados qualitativos, com o intuito de melhor compreender o discurso e extrair deles os aspectos mais relevantes (BARDIN, 2009).

## 2.2 ANÁLISE DOS DADOS

Realizou-se a entrevista com um participante das quatro empresas que foram escolhidas como estudo de caso, as quais são: Bosch Renault, Minatti e Volvo. Tais empresas localizadas em Curitiba e região metropolitana.

Através das entrevistas, foi possível constatar que as quatro empresas entrevistadas utilizam a técnica de impressão 3D no seu meio produtivo por volta de um ano e também, as quatro empresas utilizam o processo FDM (*Fused Deposition Modeling*).

O quadro abaixo traz um compilado das vantagens, desvantagens e aplicações práticas retiradas das análises realizadas dos depoimentos apresentados pelos entrevistados das empresas que adotaram a técnica da prototipagem rápida.

QUADRO 2 – Vantagens, Desvantagens e Aplicações

Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Ajuda a evitar alguns modos de falhas e seus efeitos	Dificuldade em obter certas geometrias das peças	Simulação e testes de novas ferramentas de produção
Curto prazo na otimização de peças	Dificuldade em obter certas resistências das peças	Simulação e testes de novos dispositivos de produção
Custo baixo na otimização de peças	Investimento alto para uma boa impressão	Simulação e testes de produtos e componentes em desenvolvimento
Custo baixo em relação ao processo convencional	Não possuir capacidade de atingir 100% das tolerâncias exigidas	Validação de produtos e componentes em desenvolvimento
Fácil simulação nos laboratórios	Não possuir pessoas especializadas	Dispositivos para o processo, como gabaritos
Fácil simulação no chão de fábrica	Processo de impressão é lento	Nas áreas de negócios, na criação de brindes.
Facilita na análise de projetos	-	-
Otimização de peças	-	-
Possibilidades de testes próximos a realidade	-	-
Possibilidades de testes próximos ao produto final	-	-
Rapidez no desenvolvimento do protótipo	-	-
Tempo reduzido em relação ao processo convencional de uma peça	-	-

FONTE: As autoras (2016).

Nota-se que a tecnologia foi bem aceita no que diz respeito ao desenvolvimento dos produtos, pois, mostrou ganhos significativos na redução das falhas devido à facilidade na produção de protótipos muito semelhantes às peças finais, auxiliando os desenvolvedores na realização de estudos, testes e simulações antes da produção das peças finais.

Esta facilidade de obtenção das peças promoveu ainda o estudo para a produção interna de peças que antes eram adquiridas por meio de fornecedores externos. Este estudo apresentou ganhos significativos em custo e tempo, pois, eliminou a burocracia do processo de compra das peças. A peça sendo produzida internamente apresentou uma grande redução de valor quando comparado ao valor do custo de aquisição da peça através do fornecedor interno e tempo de obtenção da peça por meio de produção interna apresentou-se bem menor, evidenciando-se vantagens de otimização do processo de desenvolvimento dos produtos.

Apesar das informações dos especialistas em relação a grande variedade de materiais que podem ser aplicados para a produção das peças por meio da tecnologia da prototipagem rápida, alguns dos entrevistados apontaram dificuldades de obtenção de certas geometrias, sendo que as peças obtidas não possuíam a mesma resistência das peças produzidas por meio do processo tradicional. Isto mostra que os processos relacionados à prototipagem rápida necessitam de melhorias para que se consiga a produção de peças com características cada vez mais próximas das peças originais.

Através das análises foi evidenciado também que trata-se de uma tecnologia nova, que está ganhando espaço no mercado, o que gera algumas desconfiças nas pessoas sobre a sua eficácia. Essa falta de conhecimento da técnica, dos benefícios que podem ser conseguidos com a sua aplicação e a falta de dados quantitativos de reais ganhos obtidos com a aplicação da tecnologia gera dificuldades aos desenvolvedores dos produtos no que diz respeito à defesa de aquisição desse tipo de maquinário.

Porém, por meio das entrevistas foram evidenciadas reduções de custos relacionados à produção interna das peças, evidenciando-se que a aplicação desta tecnologia pode trazer reais ganhos de tempo, custo de produção, menor geração de resíduos, redução de falhas e melhora significativa na qualidade das peças finais.

Espera-se a evolução dos processos relacionados à impressão 3D para que esta técnica seja aplicada não só na produção de protótipos, como também, para a produção de peças finais, o que levará a um aumento nos benefícios conseguidos, principalmente no que diz respeito à eliminação de estoques, sendo as peças produzidas conforme vão sendo requisitadas e na personalização das peças.

Sendo assim, espera-se que esta técnica ganhe cada vez mais mercado e que sejam produzidas peças com cada vez mais qualidade para que se possam produzir além de protótipos, peças que irão para o consumidor final.

## CONCLUSÃO

Este trabalho tinha como pergunta de pesquisa: Quais os benefícios do uso da impressão 3D em processos de manufatura? Considera-se que esta pergunta foi devidamente respondida, pois através das entrevistas nas empresas que utilizam as impressoras 3D em seu meio produtivo, foram demonstrados os benefícios ao utilizar este tipo de processo e também oportunidades futuras deste tipo de aplicação.

O objetivo geral do presente trabalho foi à verificação dos benefícios obtidos com a aplicação da impressão 3D em processos de manufatura nas indústrias automotivas, o qual foi alcançado através das análises das entrevistas semiestruturadas realizadas em quatro empresas.

Pode-se citar como principais benefícios observados: redução de custos, redução de tempo, otimização de peças, auxílio em simulações e testes e redução de falhas dos produtos finais.

Das desvantagens na aplicação desta tecnologia, o principal ponto que se destaca é a dificuldade em atingir certas geometrias e resistências exigidas. É possível identificar que este tipo de desvantagem é devido à tecnologia FDM utilizada pelas quatro empresas. Há tecnologias citadas no capítulo 2.3.3 Principais processos de prototipagem rápida, que possuem alto grau de qualidade e precisão de impressão.

Foram identificadas também as principais aplicações benéficas a indústria automobilística, tais como a simulação e testes de novas ferramentas e dispositivos, ferramental e gabaritos para auxiliar a produção e prototipagem de peças para validação.

Este trabalho contribuiu para valia das autoras, foi possível perceber as perspectivas de aplicação da impressão 3D na manufatura automotiva, principalmente por ser uma tecnologia recente, tanto que as quatro empresas estão utilizando este tipo de tecnologia por apenas um ano. O referencial teórico levantado cita muitas aplicações em diversos setores, o qual desconhecia. O presente trabalho foi importante para levantar as aplicações da impressão 3D no setor automobilístico, o qual não existe muito exemplos de aplicação para este setor no referencial teórico.

Em relação às limitações do trabalho, salientam-se as características inerentes ao estudo de caso. Os presentes resultados são aplicados para as empresas estudadas e no estado que se encontravam no momento do estudo. Podendo ter resultados diferentes em relação ao um futuro estudo e no caso de outras empresas serem estudadas.

Como sugestão para trabalhos futuros o estudo da durabilidade, custo e benefícios de ferramental e moldes que auxiliam o meio produtivo, produzidos pelas impressões 3D em relação aos mesmos tipos de ferramental e moldes produzidos através dos processos convencionais. Também como sugestão de trabalho, o estudo da logística reversa dos resíduos e descartes produzidos por esta tecnologia, a impressão 3D.

## REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 5. ed. São Paulo: Edições 70, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARELSON, B. **Content Analysis in communication research**. New York: Free Press, 1952.
- BOSCH. **Bosch no Brasil**. 2016. Disponível em: <[http://www.brasil.bosch.com.br/pt/br/br\\_main/startpage\\_1/country-landingpage.php](http://www.brasil.bosch.com.br/pt/br/br_main/startpage_1/country-landingpage.php)>. Acesso em: 16 out. 2016.
- BRANSFORD, J. **Perceiving, acting, and knowing**. Hillsdale: Erlbaum, 1977.
- CANESSA, E.; FONDA, C.; ZENNARO, M. **Low-cost 3D printing: for science, education and sustainable development**. Trieste: ICTP Science Dissemination Unit, 2013.
- COTTELEER, M.; JOYCE, J. 3D Opportunity for production: Additive manufacturing makes its (business) case. **Deloitte Review**, Boston, v. 15, n. 03, p. 112, Sep. 2014.
- CURTIS, W. Rapid prototyping: trully functional prototype – time-compression technologies. **Moldes de Prototipado**, Astúrias, v. 03, n. 04, p. 12, Mar./Apr. 2006. Disponível em: Disponível em: <<http://www.timecompress.com>>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1995.
- FOSTER, N. The architect’s studio. **Lousiana Museum**, Humlebæk, Sep. 2001. Disponível em: <<http://www.arcspace.com/exhibitions/Louisiana/index.html>>. Acesso em: 22 maio 2016.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GORNI, A. A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. Disponível em <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- GROOVER, M. P. **Fundamentals of modern manufacturing: materials processes, and systems**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- GRYNOL, B. **Disruptive manufacturing the effects of 3D printing**. Deloitte: Ottawa, 2013.
- HAUSMAN, K. K.; HORNE, R. **3D printing for dummies**. Hoboken; New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.
- KOURGANOFF, W. **A face oculta da universidade**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual paulista, 1990.
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: Artmed; UFMG, 1999.
- PESSOA, J.; MIETTI, M. A.; VENDRAMETO, O. Uso da prototipagem rápida como fator de competitividade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2000, Recife. **Anais...** Recife, 2000.
- MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MINATTI. **Página inicial**. Disponível em: <<http://www.minattifundicao.com.br>>. Acesso em: 16 out. 2016.

NOTICENTER. **Indústria automotiva se beneficia da impressão 3D**. Disponível em: <<http://www.noticenter.com.br/?modulo=noticias&caderno=veiculos&noticia=08908-industria-automotiva-se-beneficia-da-impressao-3d#.Vt9YbX0rLMx>>. Acesso em: 6 fev. 2016.

PIPES, A. **Desenho para designers**. São Paulo: Blucher, 2010.

PONCHIROLLI, O.; PONCHIROLLI, M. **A importância do método para a construção do conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2015.

RAULINO, B. R. **Manufatura aditiva**: desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida baseada na tecnologia FDM – modelagem por fusão e deposição. Brasília: Universidade de Brasília, 2011.

RENAULT. **Renault do Brasil**. 2015. Disponível em: <<https://www.renault.com.br>>. Acesso em: 16 out. 2016.

SANTOS, A. R. dos. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

SEGUIN, L. **Trabalho explicativo a respeito das impressoras 3D, e seus desenvolvimentos**. Curso de Curso Técnico em Instrumentação, Curso Nacional de Aprendizagem Industrial-SENAI, Santos, 2011.

SRIVATSAN, T. S.; SUDARSHAN, T. S. **Additive manufacturing**: innovations, advances, and applications. Boca Raton: CRC Press, 2015.

TAKAGAKI, L. K. Tecnologia de Impressão 3D. **Revista Inovação Tecnológica**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 2840, jul./dez. 2012.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida**: tecnologia e aplicações. São Paulo: E. Blucher, 2007.

VOLVO. **Grupo Volvo no Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://www.volvo.com.br>>. Acesso em: 16 out. 2016.