

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO VINÍCIUS SENGER PEREIRA

**Análise comparativa da Manufatura Aditiva frente a
subtrativa à luz do Lean Manufacturing.**

São Leopoldo

2019

JOÃO VINÍCIUS SENGER PEREIRA

**Análise comparativa da Manufatura aditiva frente a
subtrativa à luz do Lean Manufacturing.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção, pelo Curso de
Engenharia de Produção da Universidade
do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Ms. Marcos Leandro Hoffmann Souza

São Leopoldo

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, João Batista e Nara Regina.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me cercar de pessoas tão especiais que me auxiliaram e me deram incentivo para alcançar meus objetivos até aqui.

Dentre as pessoas que tenho profunda gratidão estão meu pai e minha mãe, João Batista e Nara Regina. Sem todo o esforço e dedicação com o qual sempre recebi por parte deles, teria sido muito mais difícil esta caminhada, ou até mesmo impossível. Muito obrigado pela dedicação, esforço, e todo carinho me reservado ao longo deste período. Muito obrigado!

Agradeço à minha esposa, Luciana Piovesan, por ser compreensiva, ter paciência com a minha longa caminhada e estar sempre disposta a me ajudar. Muito obrigado!

Ao meu irmão, Gabriel Henrique, que sempre me ajudou com incentivo e se dedicou de todas as formas para me dar apoio nesta caminhada. Muito obrigado!

Ao meu orientador, Marcos Hoffmann, que no momento inicial desta jornada, praticamente “aos 49 do segundo tempo” aceitou este desafio, me estendeu a mão e me conduziu até aqui. Muito obrigado pelo incentivo, pela compreensão das minhas dificuldades e pelas horas de ensino dedicadas à minha pessoa.

Agradeço aos meus colegas e amigos de faculdade, Amanda, Jeniffer e Mateus. Pelas palavras de incentivo, pelo carinho e pelos momentos de descontração enquanto estávamos realizando esta jornada.

Agradeço também as pessoas especiais que me ajudaram a estar aqui, mas que por motivos superiores não estão mais fisicamente entre nós. Meus avós Nelson e Loni Senger, meu avô Pedro. Muito obrigado!

E em especial, ao meu filho, João Vicente, que no decorrer deste trabalho de conclusão de curso, completou seu primeiro ano de vida, se mostrou um verdadeiro guerreiro, e me ensinou que não existe força maior no mundo que o amor. Agradeço profundamente por estar em minha vida, e servir de motivação para me tornar uma pessoa melhor. Agradeço pela compreensão e o esforço que teve de fazer para dividir a minha atenção entre você e meus estudos. Meu filho! Te amo! Muito obrigado!

”Não é o empregador quem paga os salários, mas o cliente.”

Henry Ford

RESUMO

O uso de peças microfundidas em material de dureza elevada, é uma alternativa para atender o mercado de manutenção e reposição de peças de desgaste para indústria têxtil. Porém, o custo e tempo de desenvolvimento envolvendo os moldes necessários para esta prática são, entre outros, uma barreira para produção de novos produtos. A Manufatura Aditiva promove uma revolução quanto ao processo produtivo quando comparada diretamente ao sistema subtrativo de produção. Introduzindo um processo de Manufatura Aditiva para confecção de moldes para microfusão, e baseando-se nas 7 perdas da *Lean Manufacturing*, é possível verificar qual impacto que o uso desta tecnologia pode promover frente ao processo subtrativo. O objetivo deste estudo de caso é verificar qual o impacto do uso da Manufatura Aditiva quando inserida em um processo produtivo 100% subtrativo em uma empresa em específico. As ferramentas utilizadas para visualização e comparação produtiva entre os processos subtrativo e aditivo foram o Mapa de Fluxo de Valor, e o Diagrama de Espaguete. Foram coletados os dados produtivos referentes a fabricação de 2 cavidades para moldes de microfusão, tanto no processo subtrativo quanto aditivo. Para coleta das informações necessárias ao estudo foi desenvolvido um Protocolo para Coleta de Dados específico para este estudo de caso. Os dados obtidos foram inseridos nas ferramentas selecionadas para o estudo a fim de visualizar o impacto. Neste estudo de caso, o processo onde foi incluso a MA como meio produtivo apresentou redução em todas as 7 perdas da *Lean Manufacturing*, quando comparado ao sistema 100% subtrativo de produção de cavidades. Este estudo pode ser aplicado em outras pesquisas que contenham similaridade produtiva com a apresentada no trabalho.

Palavras-chave: Manufatura aditiva. Molde. Microfusão. *Lean Manufacturing*.

ABSTRACT

The use of microfused parts in high hardness material is an alternative to meet the market for maintenance and replacement of wear parts for the textile industry. However, the cost and time of development involving the necessary molds for this practice are, among others, a barrier to the production of new products. The Additive Manufacturing promotes a revolution in the productive process when compared directly to the subtractive system of production. By introducing an Additive Manufacturing process for mold making for microfusion, and based on the 7 Lean Manufacturing losses, it is possible to see what impact the use of this technology can promote against the subtractive process. The purpose of this case study is to verify the impact of the use of Additive Manufacturing when inserted in a 100% subtractive production process in a specific company. The tools used for visualization and productive comparison between the subtractive and additive processes were the Value Stream Map and the Spaghetti Diagram. The productive data concerning the manufacture of 2 wells for microfusion molds were collected, both in the subtractive and additive processes. In order to collect the necessary information for the study, a Data Collection Protocol was developed specifically for this case study. The data obtained were inserted in the tools selected for the study in order to visualize the impact. In this case study, the process where the MA was included as a productive medium showed reduction in all 7 losses of Lean Manufacturing, when compared to the 100% subtractive system of cavity production. This study can be applied in other researches that contain productive similarity with that presented in the paper.

Keywords: Additive manufacturing. Mold. Microfusion. Lean Manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor	30
Figura 2 - Diagrama de Espaguete.	32
Figura 3 - Processo Fabricação por Microfusão.....	37
Figura 4 - Molde para injeção de cera para processo de microfusão.....	38
Figura 5 - Molde Híbrido para injeção plástica.	40
Figura 6 - Esquema básico de desenvolvimento de peças por meio de FDM.....	45
Figura 7 - Condução de Estudo de Caso.	50
Figura 8 – Método de trabalho.	51
Figura 9 – Guia fio “DD” em foto frente e verso.....	54
Figura 10 – Cavidade inferior em modelamento sólido 3D.....	55
Figura 11 – Cavidade superior em modelamento sólido 3D.....	56
Figura 12 – Mapeamento processo atual.	57
Figura 13 – Mapeamento processo futuro.....	57
Figura 14 – Modelo de caixa de dados MFV atual e futuro	68
Figura 15 – Exemplo deslocamento total calculado via Google Maps	69
Figura 16 – Cavidade inferior provida através de Manufatura Aditiva	81
Figura 17 – Cavidade superior provida através da Manufatura Aditiva	81
Figura 18 - Mapa fluxo de valor atual	86
Figura 19 - Mapa fluxo de valor futuro.....	88
Figura 20 - Transporte de material acabado e semi-acabado modelo atual.	90
Figura 21 - Movimentação de pessoas modelo atual.	91
Figura 22 - Transporte de material acabado e semi-acabado modelo futuro.	93
Figura 23 - Movimentação de pessoas modelo futuro.....	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico proporção entre redução de processos e perda por espera.....	98
Gráfico 2 - Relação de custo x remoção de material.....	107
Gráfico 3 - Relação entre massa removida e valor de maquinário utilizado.....	107
Gráfico 4 - Impacto produtivo através do uso da MA no estudo de caso.	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Abrangência, tema central e termos de ligação.	22
Quadro 2 - Base de informações selecionadas.	22
Quadro 3 - Resumo da pesquisa por combinação de termos.	23
Quadro 4 - Síntese das Técnicas de Manufatura Aditiva – Vantagens e Desvantagens (continua)	43
Quadro 4 - Síntese das Técnicas de Manufatura Aditiva – Vantagens e Desvantagens (conclusão)	44
Quadro 5 - Lista contatos envolvidos no processo.	58
Quadro 6 - Questões a serem aplicadas na investigação. (continua)	61
Quadro 6 - Questões a serem aplicadas na investigação. (conclusão)	62
Quadro 7 - Modelo somatório dados MFV	70
Quadro 8 - Análise de dados individual	71
Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (continua)	77
Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (continua)	78
Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (conclusão)	79
Quadro 10 - Dados MFV estado atual	82
Quadro 11 - Dados MFV estado futuro.	83
Quadro 12 - Localização fornecedores e empresa em estudo no modelo atual.	89
Quadro 13 - Localização fornecedores e empresa em estudo no modelo futuro.	92
Quadro 14 - Comparativo entre processos, análise Perda por Super Produção.	95
Quadro 15 - Tempo de espera, processo e Lead Time total.	97
Quadro 16 - Relação entre perdas por transporte	99
Quadro 17 - Perdas por processo e processos paralelos	100
Quadro 18 - Análise de perda por estoque entre estado atual e estado futuro.	102
Quadro 19 - Comparativo perdas por movimentos	103
Quadro 20 - Redução de variáveis do processo.	104
Quadro 21 - Impacto geral no sistema produtivo com o uso da Manufatura Aditiva.	106

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
MRMP	Massa removida ou perdida de matéria prima (Kg)
NPMP	Número de <i>pressets</i> de máquina total do processo (valor unitário)
NPFP	Número de <i>pressets</i> de ferramenta total do processo (valor unitário)
TP	Tempo efetivo em processamento (horas)
TE	Tempo em espera total no processo (horas)
DPPP	Distância percorrida pelo produto nas empresas (metros)
TPP	Tempo gasto com processos paralelos/adicionais (horas)
CPP	Custo com o processo paralelo (R\$)
AEMPP	Área destinada a estoques de matéria prima do produto (m ²)
VIMP	Valor imobilizado com matéria prima destinada ao produto (R\$)
AEFP	Área destinada a estoque de ferramentas utilizadas no processo (m ²)
VIFP	Valor imobilizado com ferramentas utilizadas no processo (R\$)
VCTP	Custo do processo (R\$)
VTMI	Valor total de maquinário imobilizado utilizado no processo (R\$)
AMP	Área ocupada pelo maquinário utilizado no processo (m ²)
NFP	Número de funcionários que passam pelo processo (valor unitário)
MA	Manufatura Aditiva
MS	Manufatura Subtrativa
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo Geral	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. JUSTIFICATIVA	17
1.3.1. Justificativa Empresarial	17
1.3.2. Justificativa Acadêmica	20
1.3.3. Justificativa Pessoal	25
1.4. DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	26
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1. LEAN MANUFACTURING	27
2.1.1. Perda por Superprodução	28
2.1.2. Perda por Espera	29
2.1.2.1. Mapa de Fluxo de Valor	30
2.1.3. Perda por Transporte	31
2.1.3.1. Diagrama de Espaguete	31
2.1.4. Perda por Processamento	32
2.1.5. Perda por Estoque	33
2.1.6. Perda por Movimento	34
2.1.7. Perda por Defeito	35
2.2. MICROFUSÃO	35
2.2.1. Moldes para Injeção na Microfusão	37
2.2.2. Moldes Híbridos	39
2.3. MANUFATURA ADITIVA	41
2.3.1. Fusão por Deposição de Material (FDM)	44
2.4. MANUFATURA ADITIVA E LEAN MANUFACTURING	45
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.1. MÉTODO CIENTÍFICO	48
3.2. MÉTODO DE PESQUISA	48
3.3. MÉTODO DE TRABALHO	50
3.3.1. Definição da estrutura conceitual teórica	52

3.3.2. Planejar o caso	53
3.3.2.1. Definição do produto	53
3.3.2.2. Definição e mapeamento dos processos em estudo	56
3.3.2.3. Identificação dos contatos para entrevista e dados para coleta.	58
3.3.2.4. Desenvolvimento do protocolo de pesquisa	63
3.3.3. Condução do teste-piloto e validação dos dados.	65
3.3.4. Coletar os dados	66
3.3.5. Analisar os dados	69
4. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA E ANÁLISE DE RESULTADOS	74
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA.....	74
4.2. TESTE PILOTO PARA COLETA DE DADOS	75
4.3. COLETA DE DADOS	80
4.3.1. Mapa Fluxo de Valor Atual	85
4.3.2. Mapa de Fluxo de Valor Futuro	87
4.3.3. Diagrama de Espaguete Atual	88
4.3.4. Diagrama de Espaguete Futuro	92
4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	94
4.4.1. Impacto do uso da Manufatura Aditiva dentro das 7 Perdas Lean Manufatcturing	95
4.4.1.1. Impacto na Perda por Super Produção	95
4.4.1.2. Impacto na Perda por Espera.....	96
4.4.1.3. Impacto na Perda por Transporte.....	98
4.4.1.4. Impacto na Perda por Processamento	100
4.4.1.5. Impacto na Perda por Estoque	101
4.4.1.6. Impacto na Perda por Movimento	103
4.4.1.7. Impacto na Perda por Defeito.....	104
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	106
6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
6.1. LIMITAÇÕES.....	113
6.2. TRABALHOS FUTUROS	114
REFERÊNCIAS	117
ANEXO A - PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	125

1. INTRODUÇÃO

Segundo informações da ABIT (2018), a partir dos anos 80, a concentração mundial de produção têxtil começa a mudar do domínio dos EUA, Europa e Japão, para um novo grupo de países formado por China, Índia, Paquistão entre outros, e segundo dados, obtidos por uma pesquisa realizada pela GOTEX (2017), o Brasil está entre os maiores produtores do setor. Segundo Aucouturier (2017), o fornecimento mundial de máquinas e equipamentos ligados à produção têxtil, antes liderada isoladamente por União Europeia e Japão, começa a ser ameaçado pela China. Assim, como ocorreu uma diversificação de produtores da indústria têxtil ao redor do mundo, também é natural que ocorra uma diversificação de produtores de maquinário para este setor. Se tratando de um grande mercado, dinâmico e competitivo, o volume de investimento em novas tecnologias de produtos, máquinas, produção e logística, ligadas a esta área são consideráveis. Segundo Lu (2017), as fábricas têxteis alcançarão um valor estimado em US\$ 842,6 bilhões a nível mundial em 2020, o que representará um aumento de aproximadamente 26,2% em relação a 2015.

Segundo Pimentel (2018), o setor têxtil no Brasil está se atualizando quanto às novas tecnologias, apresentando um investimento em novas máquinas e equipamentos mesmo em um momento onde existem ociosidades em fábricas. Este movimento indica que a indústria têxtil está direcionando-se e preparando-se para uma maior produtividade, flexibilidade e qualidade. Segundo a ABIT (2018), a importação de máquinas e equipamentos têxteis apresentou queda de 51% entre 2015 e 2016, recuperando-se no período seguinte de 2016 a 2017 com alta de 59%. Com o aumento do número de maquinário importado, ocorre como consequência um aumento da demanda por peças de reposição no mercado de peças de reposição.

A substituição de peças importadas por produtos de desenvolvimento nacional fortalece a indústria brasileira (NEGRI; SALERMO; CASTRO, 2005). O mercado que atende às peças de reposição deste setor de Manufatura Têxtil no Brasil precisa estar atualizado ao custo de perder competitividade no mercado. Segundo Costa e Rocha (2009), para melhorar o desempenho das empresas, é necessário investir constantemente em novas tecnologias, ou até mesmo adaptar de modo criativo as tecnologias existentes ao processo de produtivo da empresa, visando reduzir custos, melhorar condições de trabalho, aumento da produtividade.

Segundo Marson (2014), a confecção de máquinas e equipamentos e a produção de insumos e componentes de máquinas para o setor têxtil a indústria utilizam diversos processos de fabricação para atender a demanda do mercado. Entre os processos de manufatura utilizados para confecção de elementos e componentes para máquinas têxtil podem-se citar os processos de fundição, processos de usinagem, forjaria, estamparia, injeção, entre outros (MARSON, 2014). Dependendo da aplicação e da demanda do mercado, cada produto pode apresentar um processo de fabricação que se adéque e atenda na melhor relação custo e benefício à necessidade apresentada.

O processo de microfusão é uma alternativa para produção de algumas peças com elevado grau de complexidade para o ramo de maquinário têxtil. Segundo Trez e Bordin (2016), o processo de microfusão consiste em utilização de modelos injetados em cera, replicados em um molde previamente desenvolvido, e que serão utilizados no processo como modelos para fundição de precisão. Ainda segundo Trez e Bordin (2016), o molde para replicar por injeção dos modelos em cera é considerado uma barreira para criação de protótipos, e também para lotes pequenos de produção, por se tratarem de equipamentos de alto valor agregado e elevado tempo de desenvolvimento e produção. Uma barreira constituída por custos de fabricação e tempo de desenvolvimento de moldes acabam gerando um incentivo reduzido ao uso da microfusão em peças para indústria têxtil.

O investimento em inovação tecnológica é essencial para o aumento da competitividade de uma empresa, e o desenvolvimento industrial (NEGRI; SALERMO; CASTRO, 2005). Segundo Volpato (2017), o processo de manufatura já se encontra disseminado em muitos segmentos da cadeia produtiva, nos mais variados setores, atuando de forma a proporcionar impacto no modelo convencional de produção. Sendo assim, a inovação tecnológica necessária para o desenvolvimento industrial e aumento de competitividade de uma empresa pode ser representado pela Manufatura Aditiva.

Hague e Baum (2015) afirmam que comparado aos processos de produção com alta capacidade produtiva, o processo de manufatura aditiva ainda não se apresenta competitivo, sendo indicado para aplicação em lotes com menores quantidades ou protótipos, porém, possui um potencial para trabalhar em larga escala em um momento futuro próximo. Segundo Redwood (2018), o uso da Manufatura Aditiva está vinculado diretamente na criação e desenvolvimento de

protótipos, que após aprovados são injetados e produzidos em maior escala em moldes convencionais. Uma alternativa para o uso da Manufatura Aditiva no processo de produção de peças plásticas de modo competitivo é utilizar seu diferencial construtivo na concepção de cavidades para moldes de injeção.

O uso de moldes provenientes da técnica de manufatura aditiva se mostra eficaz na confecção de protótipos técnicos fundidos, seu uso diminui lead-time de produção, reduz custos e mantém tolerâncias dentro do valor condizente com o processo de fundição (BASSOLI; GATTO; LULIANO; VIOLANTE, 2007). Porém, segundo Redwood (2018), antes de escolher o processo de manufatura aditiva para desenvolvimento do molde de injeção, é necessário compreender qual o resultado final desejado com o mesmo. Moldes fabricados em material plástico impresso não possuem alta capacidade produtiva, porém sua fabricação, dependendo do projeto a ser executado, pode apresentar um resultado positivo quanto a diminuição de tempo de produção, diminuição de custo e aumento da competitividade para produção de lotes pequenos em uma empresa.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria têxtil possui em ampla escala, elementos de máquina com o efeito de desgaste causado pela passagem de fios, fitas e fibras. Estes elementos influenciam na eficiência dos equipamentos, custos de manutenção, qualidade de produto final e capacidade produtiva da empresa (FURTADO, 2001). Utilizando-se de ferramentas de qualidade baseadas em métricas estatísticas e realizando a análise dos dados gerados historicamente gera-se uma análise de causa e efeito, que contribui para uma tomada de decisão em direção a melhoria contínua de produtividade e qualidade (GOULART; BERNEGOZZI, 2010). Este processo de desenvolvimento e melhoria contínua gera a necessidade de uma maior flexibilidade no fornecimento de elementos de máquinas, e agilidade na resposta e desenvolvimento de produtos personalizados para o cliente. Moldes impressos em 3D para injeção de plásticos específicos para este tipo de equipamento, são ideais para mercados onde o tempo de resposta precisa ser ágil, existe a possibilidade de trabalhar com lotes pequenos e que posteriormente necessitarão de alteração no projeto (REDWOOD, 2018).

Moldes para injeção da cera no processo de microfusão trabalham com temperatura e pressão menores que os moldes utilizados para processos de injeção de plásticos. Segundo Redwood (2018), antes de escolher o processo de manufatura aditiva para desenvolvimento do molde, é necessário compreender qual o resultado final é desejado com o mesmo. Levando em consideração esta informação. A fabricação direta de peças para o setor têxtil em processo de manufatura aditiva ainda se torna inviável em muitos casos por questão de quantidades e custos de produção se comparados a processos de produção de grande escala existentes na atualidade (HAGUE; BAUM, 2015). A Manufatura Aditiva posiciona-se como uma vantagem competitiva na construção de peças complexas e de menor escala, como por exemplo moldes de injeção (REDWOOD, 2018). No processo de microfusão, com base nas afirmativas de REDWOOD (2018) e Hague e Baum (2015), existe a possibilidade de aplicar a Manufatura Aditiva para produção de moldes de injeção dentro do processo de microfusão.

Apresentado e contextualizado a situação atual do setor de reposição de peças na indústria têxtil, tendo a necessidade de produção destas mesmas peças em lotes menores e específicos para cada setor produtivo, cria-se uma oportunidade de estudar a aplicação da Manufatura Aditiva neste setor. O objetivo é verificar quais as vantagens e desvantagens do uso da Manufatura Aditiva em um processo de produtivo, mais precisamente na elaboração e confecção de moldes para injeção na microfusão.

Por fim, levando-se em consideração o contexto apresentado, pode-se indagar o seguinte problema de pesquisa: **Qual o impacto da utilização da Manufatura Aditiva quanto ao processo subtrativo analisado à luz Lean Manufacturing para confecção de moldes para microfusão?**

1.2. OBJETIVOS

Para desenvolvimento do estudo, e responder a pergunta de pesquisa, a seguir os objetivos que norteiam o estudo, são detalhados para direcionamento do trabalho.

1.2.1. Objetivo Geral

Verificar o impacto quanto ao uso da Manufatura Aditiva em relação ao processo subtrativo, analisando as 7 perdas da *Lean Manufacturing* nos 2 processos produtivos para confecção de moldes para microfusão.

1.2.2. Objetivos Específicos

Visando alcançar um resultado satisfatório com o estudo em questão, são apresentados os objetivos específicos:

- a) Identificar principais pontos positivos e negativos dos processos de Manufatura Subtrativa e Aditiva;
- b) Identificar um processo de Manufatura Aditiva para as cavidades do molde, que atenda as necessidades do processo de microfusão;
- c) Propor um layout produtivo, com o uso da MA como parte integrante de um processo para confecção de moldes para microfusão;
- d) Verificar o impacto financeiro causado pelo uso da MA no sistema produtivo de moldes na empresa.

No próximo tópico serão apresentadas as justificativas que sustentam esta pesquisa.

1.3. JUSTIFICATIVA

Na sequência serão apresentadas as justificativas que se aplicam para o desenvolvimento deste trabalho nos quesitos empresarial, acadêmico e do pesquisador.

1.3.1. Justificativa Empresarial

Nos anos 80 a empresa Motorola se deparou com uma nova tecnologia em potencial para o mercado de telefonia celular, conhecida hoje como “sistema digital” (D’AVENI, 2015). Enquanto alguns concorrentes investiram nesta nova tecnologia e

se desenvolveram, a Motorola preferiu se aprimorar no sistema analógico pelo fato deste último citado possuir vantagens sobre o sistema digital no que tange à questão de armazenamento e transmissão de áudios (D'AVENI, 2015). Segundo D'Aveni, a Motorola não percebeu que na visão dos clientes, as novas possibilidades e ganhos obtidos em outras áreas, eram superiores as perdas que se tinham em relação ao sistema analógico, e o resultado da falta de visão dos engenheiros da Motorola foi a perda da liderança do setor que a própria empresa havia inventado antes, em 1973.

De acordo com o descritivo no parágrafo anterior sobre a Motorola, é possível afirmar que o investimento em novas tecnologias, pode ser considerado de grande importância para o desenvolvimento e sobrevivência de uma empresa no mercado, não importando o setor, tamanho ou posição no mercado, mesmo sendo uma líder no segmento como foi o caso da Motorola. Segundo Coelho (2016), as empresas estão passando por um processo de transformação em uma velocidade inédita na história, e isto se deve ao uso de novas tecnologias que facilitam esta mudança. Todas estas mudanças em alta velocidade e provenientes destas novas tecnologias estão sendo chamadas e reconhecidas como a 4ª Revolução Industrial, ou a Indústria 4.0 (COELHO, 2016). Segundo a ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2019), as tecnologias que são a base da Indústria 4.0 são a Manufatura Aditiva, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Biologia Sintética e Sistemas Cyber-Físicos.

Segundo D'Aveni (2015), algumas empresas estão preocupadas nos aspectos em que a Manufatura Aditiva não consegue atender, e acabam não dando a devida atenção para o que já é possível realizar com a Manufatura Aditiva. De acordo com Bilberg e Hadar (2012), tarefas repetitivas e com valor agregado são indicadas a serem automatizadas, seguindo o princípio da automação dentro de um processo *Lean Manufacturing*. Porém, essa automação em alto nível exige muitas vezes um elevado investimento a nível de manutenção, engenharia e máquinas, e ainda pode acarretar uma menor flexibilidade na produção, o que vai contra alguns princípios da Indústria 4.0 e o seu pilar fundamental que é a Manufatura Aditiva (Rüßmann; 2015). Muitos processos se tornam obsoletos com o uso da Manufatura Aditiva como meio de produção. Desta forma, investimentos direcionados para automação de alguns processos podem ser desnecessários e completamente descartados se a Manufatura Aditiva for utilizada como base para desenvolvimento da empresa dentro do sistema Indústria 4.0 (D'AVENI, 2015).

A empresa que se apresenta no trabalho, como base de aplicação do estudo de caso, é do ramo metalúrgico, trabalha em um setor que atende a área de manutenção e fornecimento de produtos para maquinários da indústria têxtil brasileira. Como forma de se destacar dos demais concorrentes, a empresa oferece produtos personalizados de acordo com a necessidade e desenvolvimento de cada cliente, o que torna a fabricação de lotes com pequena escala um nicho de mercado, e ao mesmo tempo um desafio contínuo de desenvolvimento. É necessário acompanhar as mudanças rápidas do mercado, ser flexível no processo de fabricação, e ao mesmo tempo ter velocidade de resposta as novas solicitações de clientes, e segundo D'Aveni (2015), a manufatura aditiva permite exatamente alcançar este tipo de resultado.

O processo de microfusão se encaixa perfeitamente para o desenvolvimento de alguns produtos que são comercializados pela empresa em estudo. O uso da Manufatura Aditiva foi indicado para aplicação em parte do processo de confecção dos moldes para microfusão. Segundo Inforçatti Neto (2013), o processo de manufatura aditiva permite que novas soluções construtivas sejam aplicadas ao processo de fabricação de um produto.

Com os principais intuitos de diminuir o *lead time* de produção de moldes, reduzir custos de fabricação, obter maior velocidade de resposta aos clientes e desenvolver uma nova solução construtiva de produtos dentro do sistema de produção atual da empresa em estudo, esta aplicação foi considerada viável e de interesse para estudo e desenvolvimento de resultados e impactos na produção.

Segundo a ABDi, o Brasil apresentou uma queda de 6% na produtividade industrial no período de 2006-2016, e desceu da 5ª posição em 2010 para a 29ª posição em 2016 entre os países com maior competitividade de manufatura. Ainda segundo a ABDi, a 4ª Revolução Industrial pode apresentar uma boa oportunidade para o país recuperar esta posição global. O uso e a exploração da Manufatura Aditiva nas indústrias brasileiras devem ajudar a tornar o sistema competitivo no cenário global.

Na sequência será abordada a justificativa na qual é apresentado a investigação relativa a contribuição acadêmica deste estudo.

1.3.2. Justificativa Acadêmica

Conforme Mizzaro (1997), a contribuição de um estudo para o meio acadêmico deve ser analisada de modo a garantir que o mesmo possua relevância e originalidade quanto ao momento em que está sendo desenvolvido. Ainda segundo Mizzaro (1997), a relevância é dada de acordo com a relação que existe em torno da pesquisa em si, e do leitor ou comunidade que está buscando uma resposta ou entendimento referente ao problema ou proposta de pesquisa ou estudo. Sendo assim, pode-se afirmar que ao apoderar-se de fatos reais e atuais, e implicá-los a uma nova visão de horizonte, pode trazer além de benefícios em um aspecto prático, uma contribuição de importância significativa no ponto de vista acadêmico.

Uma justificativa acadêmica inicial ocorre devido a algumas literaturas, artigos e demais materiais de leitura e estudo previamente pesquisados, apresentarem uma tendência em descrever a manufatura aditiva como uma solução para obtenção de produtos finais. A Manufatura Aditiva, em seu pleno processo de desenvolvimento e inovação, apresenta uma oportunidade de estudo e aplicações em diversas áreas, produtos e também em processos. A aplicação da MA como parte de um processo produtivo se apresentou de modo reduzido em pesquisas preliminares quando comparado à sua utilização para confecção de produtos finais. Segundo D'Aveni (2015), as indústrias devem rever seus sistemas produtivos, e adaptá-los aos novos processos de produção que estão sendo desenvolvidos, fazendo uma união equilibrada entre processos tradicionais e processos novos. O uso da Manufatura Aditiva como parte de um processo de produção, pode ser considerado como base de estudo no sentido de identificar como pode-se contribuir com seus pontos positivos e trazer vantagens à obtenção de um produto final, uma vez que o mesmo ainda não apresente condições, de cunho financeiro ou de engenharia, de ser manufaturado diretamente pelo processo aditivo (HAGUE; BAUM, 2015). Foram analisados materiais referentes ao tema Manufatura Aditiva ligados ao processo de microfusão, sem limitação temporal, por se tratar de um tema relativamente novo. Não foram encontrados estudos relacionados à eficiência ou contribuição do processo de Manufatura Aditiva dentro do processo de microfusão, como alternativa para confecção de moldes para microfundição.

Segundo Shingo (1996), a total eficiência de um sistema produtivo é alcançada quando são eliminadas as perdas e elevado o seu percentual de trabalho

a 100%. As 7 perdas citadas por Shingo (1996), identificam pontos de ineficiência dentro do processo produtivo, e podem contribuir para avaliação e comparação do uso da Manufatura Aditiva como alternativa de recurso produtivo dentro de um processo de microfusão, na produção de moldes para este sistema de manufatura.

A fim de obter uma justificativa acadêmica que sustente o desenvolvimento de um trabalho acadêmico, se faz necessário realizar uma verificação estruturada para compreender de que forma e dimensão o presente estudo pode contribuir com a literatura atual. Para tal foi apresentado como base de desenvolvimento da justificativa acadêmica, o método apresentado por Morandi e Camargo (2015), conhecido como Revisão Sistemática da Literatura.

Segundo Morandi e Camargo (2015), para iniciação do processo da revisão sistemática literária é importante a identificação e definição do tema central e do *framework* conceitual. O *framework* conceitual foi baseado no problema de pesquisa e será representado pela pergunta de pesquisa: Qual o impacto da utilização da Manufatura Aditiva quanto ao processo subtrativo analisado à luz Lean Manufacturing para confecção de moldes para microfusão? A Manufatura Aditiva, sendo utilizada como parte do processo de fabricação de moldes de injeção para microfusão de uma empresa específica, e sendo avaliado seus impactos no sistema as lentes do *Lean Manufacturing*, seriam os componentes de ponto de partida para esta pesquisa.

Tendo na justificativa acadêmica o mecanismo necessário para o desenvolvimento deste trabalho, este foi realizado de forma individual pelo pesquisador. Os dados coletados pelo estudo foram acondicionados em 2 ferramentas de controle de produtividade e seus resultados foram comparados tendo como base as 7 perdas do pensamento *Lean Manufacturing*.

O uso de palavras chave na busca de material literário, foi baseado no problema de pesquisa: Qual o impacto da utilização da Manufatura Aditiva quanto ao processo subtrativo analisado à luz *Lean Manufacturing* para confecção de moldes para microfusão? Dentro desta pergunta de pesquisa, foram retiradas as palavras consideradas chave e que apresentam relevância para desenvolvimento da pesquisa. As palavras chave para busca, foram agrupadas de forma a realizar uma pesquisa abrangente no que diz respeito ao tema central do trabalho e os termos de ligação que podem ser vistos no Quadro 1. Neste caso foi utilizado palavras chave

para uma busca de abrangência nacional e internacional devido a grandeza do tema e seu desenvolvimento tecnológico mundial.

Quadro 1 - Abrangência, tema central e termos de ligação.

Abrangência	Tema central	Termos de ligação
Nacional	Manufatura Aditiva ou Impressão 3D	Moldes de Injeção
		Microfusão
		Manufatura Enxuta
		7 Perdas
Internacional	<i>Additive Manufacturing or 3D Printing</i>	<i>InjectionMoulds</i>
		<i>Microfusion / Lost-waxCasting</i>
		<i>Lean Manufacturing</i>
		<i>7 Wastes</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para meios de pesquisa foram realizadas buscas em fontes de acesso via web. As fontes de pesquisa foram escolhidas com base na ampla abrangência que se apresentam e na acessibilidade disponível pelo portal oferecido pela Universidade. Foram realizadas pesquisas tanto no âmbito nacional quanto internacional. No quadro 2 é demonstrado de forma direta quais portais formaram a base para pesquisa do presente trabalho.

Quadro 2 - Base de informações selecionadas.

Base	Abrangência
EBSCOHost	Internacional
Capes	Internacional
Google Acadêmico	Nacional e Internacional

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para desenvolvimento da revisão da literatura, foi realizado buscas combinadas com o tema central e os termos de ligação. Por apresentarem uma proximidade significativa no meio acadêmico, os termos “Manufatura Aditiva” e

“Impressora 3D”, foram utilizados em combinação com operadores booleanos, de acordo com a sugestão de Morandi e Camargo (2015). Outro termo, que para fins de contribuição de resultados e abrangência de busca foi desmembrado é o “*Microfusion*”, sendo substituído ou adicionado em alguns casos como “*Lost-WaxCasting*”. No Quadro 3 apresentam-se os resultados de buscas com relevância de resultados para a justificativa acadêmica.

Quadro 3 - Resumo da pesquisa por combinação de termos.

Base de Dados	Busca por	Termo de Pesquisa	Títulos Encontrados	Resumos Lidos	Artigos Lidos
EBSCOHost	Livre	<i>(Additive Manufacturing) and (Injection Moulds)</i>	4	2	1
	Livre	<i>(Additive Manufacturing) and (Microfusion)</i>	-	-	-
	Livre	<i>(Additive Manufacturing) and (Lean Manufacturing)</i>	2	1	1
	Livre	<i>(Additive Manufacturing or 3D Printing) and (7 wastes)</i>	-	-	-
CAPES	Livre	<i>(Additive Manufacturing) and (Injection Moulds)</i>	11	3	-
	Livre	<i>(Additive Manufacturing or 3D Printing) and (Lost Wax Casting)</i>	929	11	1
	Título	<i>(Additive Manufacturing or 3D Printing) and (Lean Manufacturing)</i>	2	2	1
	Título/Livre	<i>(Additive Manufacturing or 3D Printing) and (7 wastes Lean Manufacturing)</i>	4	2	1
Google Acadêmico	Livre	<i>(Additive Manufacturing InjectionMoulds)</i>	13.400	12	1
	Livre	<i>(Additive Manufacturing or 3D Printing) and (Microfusion)</i>	57	3	1
	Título	<i>(Additive Manufacturing Lean Manufacturing)</i>	3	2	1
	Título	<i>(Additive Manufacturing 7 wastes)</i>	-	-	-
	Livre	(Manufatura Aditiva ou Impressão 3D) e (Molde de Injeção)	214	5	1
	Livre	(Manufatura Aditiva ou Impressão 3D) e (Microfusão)	56	2	1
	Título	(Manufatura Aditiva ou Impressão 3D) e (Manufatura Enxuta)	129	1	-
	Título	(Manufatura Aditiva Manufatura Enxuta Moldes de Injeção)	16	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

O material apresentado no Quadro 3, descreve a atual situação de material literário destinado ao assunto nas bases utilizadas. Pôde-se verificar que o volume de pesquisa desenvolvida especificamente para o tema abordado neste trabalho, onde inclui o uso da Manufatura Aditiva no processo de produção de Microfusão sob o olhar das 7 Perdas da Manufatura Enxuta, não têm representatividade acadêmica aparente nas bases analisadas.

Fazendo uma análise mais precisa sobre os artigos encontrados com direcionamento ao tema da pesquisa, alguns apareceram em duplicidade nos resultados de busca, tanto na mesma base de dados, como na integração entre as mesmas. A relevância dos artigos selecionados foi baseada principalmente no ambiente de aplicação da Manufatura Aditiva, sendo direcionado as buscas em específico para processos de Microfusão. Foram analisados primeiramente os títulos encontrados, e separados apenas aqueles que apresentavam alinhamento com os assuntos pertinentes ao estudo desejado. Em seguida, dentro destes títulos escolhidos, foram realizadas leituras prévias dos resumos selecionados a fim de verificar a relação do uso específico da Manufatura Aditiva na produção de moldes para microfusão. Essas leituras foram realizadas até a certificação de que o conteúdo era pertinente a questão de pesquisa do trabalho, a partir do momento em que o foco do resumo se direcionava para fora do alinhamento desejado, este era descartado.

Dos 11 artigos encontrados, 7 apresentam assuntos de relevância ao estudo a ser desenvolvido. A pesquisa desenvolvida por Booyesen (2010), trata de uma forma específica sobre uso da Manufatura aditiva na construção de moldes de injeção para material plástico. Já Caccere (2017), faz uma breve citação de vantagens relativas a tempo de desenvolvimento e produção de cavidades e moldes impressos em 3D para injeção de plástico. Ambos casos não apresentam relação com o processo de moldes para microfusão nem relação explícita com as 7 perdas da LM.

Naitove (2014), apresenta as vantagens do uso de moldes de manufaturados de maneira aditiva no uso em matrizes de sopro em material plástico. Kang e Ma (2017), abordam as vantagens e desvantagens do uso da Manufatura Aditiva no campo da fundição em areia. O artigo de Mun (2015) e o artigo de Trez e Bordin (2015), trazem uma contribuição acadêmica quanto ao uso da manufatura aditiva no processo de microfusão, porém aplicado na área de formação direta dos modelos de

cêra. Na relação com o *Lean Manufacturing*, o artigo de Ford (2016), descreve com algum detalhamento a relação do uso da Manufatura Aditiva com o processo de Manufatura Enxuta. Nele são citados pontos relacionados as 7 perdas da produção. Porém, não apresenta relação direta deste olhar em relação a um sistema produtivo envolvendo o processo de microfusão.

Dentre os artigos encontrados, não foi constatado interação direta entre os efeitos da Manufatura Aditiva sobre a Manufatura Enxuta no caso específico de processo de microfusão. Como foi brevemente descrito, alguns trabalhos tratam de temas que são similares e mesmo direcionados para os impactos da Manufatura Aditiva, nenhum apresentou medição de desempenho e efeitos referente as 7 Perdas da *Lean Manufacturing*. O que este presente trabalho propõe, é justamente preencher esta lacuna de informações que dentre os estudos analisados não foi possível evidenciar.

1.3.3. Justificativa Pessoal

Atualmente a Manufatura Aditiva, apresenta-se em diversas formas de processos de obtenção e possui distintas aplicações, nos mais variados setores e processos. Apesar da alta velocidade em que esta tecnologia se desenvolve, ela ainda apresenta situações onde sua aplicação se torna restrita, ou inviável. Porém, cabe aos pesquisadores, desenvolvedores e colaboradores estudarem meios de aplicar este novo serviço ao seu ambiente de trabalho, aos processos de fabricação, ao meio em que atuam.

Como pesquisador, justifica-se um desenvolvimento deste assunto, nesta área e neste processo, por se tratar de um assunto emergente, uma tecnologia que ainda está em maturação, que desperta a curiosidade de muitos e apresenta uma grande capacidade de ser explorada e debatida.

O desenvolvimento do “onde, como, e de que maneira” esta nova tecnologia pode contribuir com os processos existentes, com a forma em que se apresenta nos atualmente, é a principal justificativa de explorar o tema em estudo pelo pesquisador.

1.4. DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Por se tratar de um assunto com elevado potencial de estudo e diversidade de aplicação dentro do processo de produção fabril, bem como seus impactos no procedimento de Manufatura Enxuta, se faz necessário delimitar a aplicação de estudo de caso, bem como os resultados a serem analisados.

Quanto ao processo de fabricação de produtos microfundidos com o auxílio da Manufatura Aditiva, restringe-se ao estudo do processo de fabricação de um molde em específico para injeção de cera que ocorre dentro do processo de microfusão. Mais precisamente, foi estudado a eficiência, pontos positivos e negativos apenas da cavidade de injeção, ou seja, da parte interna do molde de injeção que possui o desenho ou formato do produto que será microfundido e replicado posteriormente.

O desenvolvimento do desenho e da estrutura da cavidade do molde de injeção foi realizado dentro dos padrões solicitados pelo fornecedor de Microfusão à empresa em estudo.

Foi relacionado e apresentado de forma detalhada o processo total de fabricação da cavidade do molde em estudo em Impressora 3D, com fornecimento de material impresso realizado por terceiros.

O estudo do impacto do uso da Manufatura Aditiva, no processo de fabricação de produtos microfundidos sob o olhar da *Lean Manufacturing*, se limitará ao estudo sobre as 7 perdas da produção. Mais precisamente será estudado o impacto causado para o processo em si, para a empresa em estudo e para os clientes da empresa em estudo. Os impactos causados na produção da empresa foram levados em conta para averiguar primeiramente a velocidade de resposta na produção de moldes, bem como seu impacto financeiro mediante o processo atualmente utilizado.

A seguir, serão apresentados de maneira mais aprofundada os temas utilizados como base deste trabalho acadêmico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os temas relacionados ao estudo de caso referente a este trabalho. Os tópicos serão desenvolvidos com o intuito de elucidar e posicionar o leitor perante os assuntos pertinentes ao trabalho de forma clara, direta e atual.

2.1. LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing, também conhecida como Manufatura Enxuta, se desenvolveu através do Sistema Toyota de Produção. Segundo Ohno apud Shingo (1996), a metodologia utilizada pela Toyota como linha de pensamento e trabalho é analisar a linha do tempo existente a partir da entrada do pedido até o recebimento do dinheiro pelo pagamento, e eliminar os desperdícios e processos que não agregam valor ao cliente. A Manufatura Enxuta é uma estratégia produtiva com foco na diferenciação, e tem como base práticas desenvolvidas pelo Sistema Toyota de Produção (TUBINO, 2007).

O sistema Toyota de produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária à produção de pequenas quantidades de muitas variedades (de produtos), sob condições de baixa demanda; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período pós-guerra. (SHINGO, 1996).

Segundo Norman Bodek apud Shingo (1996), o Sr. Ohno foi quem iniciou e auxiliou ao mundo a produzir de forma mais eficiente, reduzindo custos, produzindo com mais qualidade e também a desenvolver as pessoas como críticos ao processo produtivo dentro de uma empresa. Segundo Tubino (2007), a *Lean Manufacturing* deve ser uma filosofia que seja compreendida e seguida desde a diretoria até o chão de fábrica para que tenha sucesso e eficiência na sua aplicação.

Para desenvolver tal melhoria, e de forma contínua como é o propósito do Sistema Toyota de Produção (TUBINO, 2007), foram desenvolvidas técnicas para aperfeiçoamento de processos, redução de tempos de produção, busca de soluções para problemas recorrentes e também redução de perdas. Para Shingo (1996), o passo preliminar para instauração de um processo de Manufatura Enxuta é identificar por completo as principais perdas do sistema. Ainda segundo Shingo

(1996), a eliminação completa dessas perdas e a elevação do percentual de trabalho à 100% é considerado a verdadeira e absoluta melhoria na eficiência do processo.

O objetivo do Sistema Toyota é maximizar a produção através do aprimoramento contínuo dos processos produtivos e redução constante das perdas envolvidas “eliminar desperdícios significa analisar todas as atividades realizadas na fábrica e descontinuar as que não agregam valor a produção” (CORRÊA & CORRÊA, 2012). Dentro desta linha, Shingo (1996), destaca as 7 principais perdas a serem analisadas dentro do sistema produtivo:

- a) Perda por superprodução;
- b) Perda por espera;
- c) Perda por transporte;
- d) Perda por processamento em si;
- e) Perda por estoque;
- f) Perda por movimento;
- g) Perda por defeito.

2.1.1. Perda por Superprodução

Segundo Liker & Meier (2007), a produção antecipada de produtos, ou a produção de itens em maior quantidade do que a necessidade do cliente ou do processo é a mais grave das perdas da *Lean Manufacturing*. Isto se dá pelo motivo de que esta perda pode esconder outras perdas no processo, não permitindo que eventuais problemas no processo sejam observados.

Segundo Tubino (2007), a superprodução traz um consumo de material não necessário, e desperdício de capital antes do tempo. Além destes fatores, ocorre também a utilização desnecessária de maquinário, mão de obra e espaços físicos quando estes deveriam estar direcionados para a real necessidade do sistema produtivo.

Para Antunes Júnior (1994) uma redução e até mesmo uma eliminação da perda por superprodução pode ser atingida por processos como melhoria da sincronização entre os processos, aprimoramento do *layout*, melhoria nas operações, maior agilidade nas preparações de maquinários e ajustes e a redução do *lead time* de produção.

Segundo Trez e Bordin (2016), moldes para microfusão possuem necessidade de alto investimento e tempo de desenvolvimento. Esta situação, induz a necessidade de fabricação de um lote maior de peças para que o valor do molde seja diluído de forma viável ao processo financeiro. Um indicador para a verificação desta perda, dentro do processo de microfusão, seria a comparação do número de peças produzidas para diluição do valor investido no molde a fim de atingir competitividade no mercado.

2.1.2. Perda por Espera

Segundo Liker & Meier (2007), a perda por espera pode ocorrer de duas formas, sendo a espera do operador para produção, e a espera da máquina para iniciar o seu ciclo de trabalho. Dentro desta linha compreendemos que no processo de usinagens subtrativas, o tempo destinado a *presset* de máquinas, *presset* de ferramentas, tempos de troca de peças e ferramentas são considerados todos como perdas por espera. Todo *setup* de máquina, parada por quebra, aguardo por matéria prima ou falta de sincronismo de produção são considerados perdas por espera (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002; DEON, 2001). Dentro deste processo descrito, quando direcionado a fabricação de moldes para microfusão, cada troca de máquina que o molde tem contato, cada troca de ferramenta dentro do maquinário que está sendo processado, gera perdas por espera.

De acordo com Tubino 2007, esta é a perda mais clássica e comum existente nos processos fabris, e sua eliminação gera impactos positivos quanto aos ganhos para empresas. A soma de todas estas perdas por espera ao longo de um processo produtivo onde é necessário o envolvimento de várias células, equipamentos ou operadores diferentes é considerável.

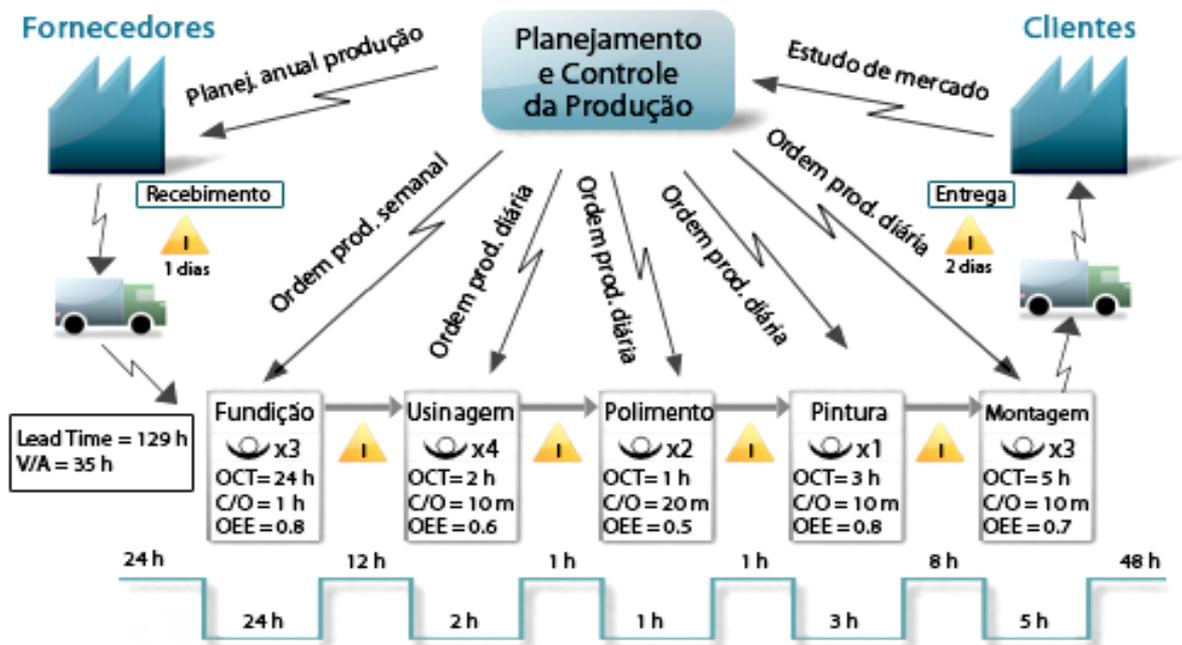
Para esta visualização um “Mapa do Fluxo de valor” pode ser utilizado conforme dados informados a seguir.

2.1.2.1. Mapa de Fluxo de Valor

Segundo Womack e Jones (1998), Fluxo de Valor é toda atividade com o fim de projetar, produzir e oferecer um produto em específico, desde sua criação, desenvolvimento, passando pelo pedido de compra, matéria prima, processamento e entrega final ao cliente.

Conforme Araújo (2004), o Mapa de Fluxo de Valor é desenhado em momentos distintos, com o objetivo de demonstrar as oportunidades que podem ser melhoradas, comparando estado atual, futuro e até mesmo um estado ideal em alguns casos. Segundo Rother&Shook (1999), o mapeamento do Fluxo de Valor auxilia na visualização do fluxo como um todo, ajuda a identificar as fontes dos desperdícios e demonstra a relação entre informação e material. Na Figura 1, ilustra-se um modelo de mapeamento de fluxo de valor genérico.

Figura 1 - Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Rother&Shook (1999).

Um componente apresentado no Mapa de Fluxo de Valor é a linha do tempo, que se localiza abaixo dos processos e estoques, e registra de maneira clara o lead time de produção (ARAÚJO, 2004).

2.1.3. Perda por Transporte

Para Tubino (2007), movimentação de produtos dentro do processo produtivo, entre maquinários, operadores e ao longo da empresa não agregam valor ao cliente. Tubino (2007) também descreve que, deve-se reduzir ao máximo a movimentação dentro da empresa, geralmente com a eliminação de transportes desnecessários, e a reformulação do *layout* fabril para adaptação à esta redução de perda por transporte.

Pode ser considerado perda por transporte a movimentação existente de um produto pronto ou semi-acabado, e até mesmo a sua matéria prima. Segundo Liker & Meier (2007), a movimentação entre máquinas, e a movimentação para retirada ou armazenamento de produtos em estoque também é considerado perda por transporte.

Perda por transporte também é considerado como movimentação em excesso de pessoas, materiais e informações. Em média, o tempo gasto com transporte é de 45% do tempo total de produção de um item, e este tempo não agrega valor algum ao produto. Tal informação nos permite implicar uma prioridade da redução do tempo destinado ao transporte (NAZARENO *et al.*, 2001; WOMACK; JONES, 1998; DIEDRICH, 2002; GHINATO, 1994; ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002).

A movimentação por transportes deve apresentar uma mudança brusca de comportamento com a tendência do uso da Manufatura Aditiva (D'AVENI, 2015). Segundo D'Aveni (2015), a revolução no movimento por transporte será uma diminuição significativa desta perda, uma vez que o uso da Manufatura Aditiva acarreta uma necessidade de movimentação de matéria prima, produtos semi-acabados ou prontos com menor intensidade.

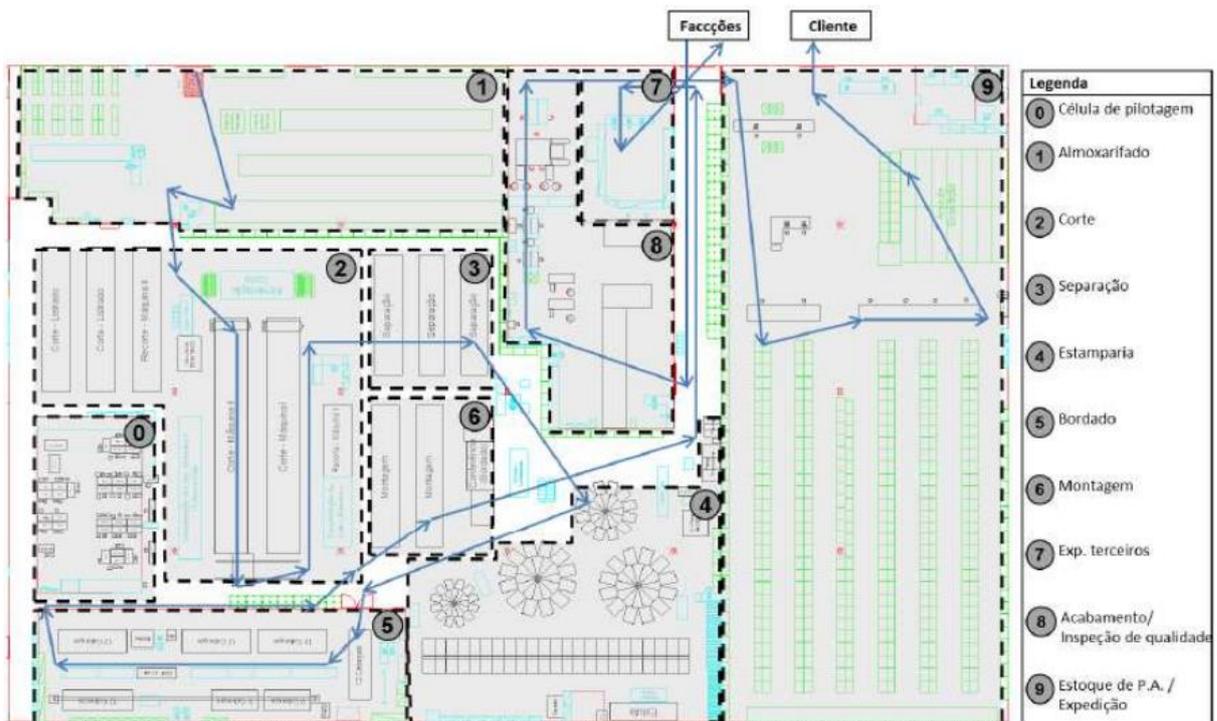
Um indicador para ilustrar a perda por transporte, para uso comparativo de dois processos de manufatura em estudo, seria o uso de um “Diagrama de Espaguete” conforme descrição a seguir.

2.1.3.1. Diagrama de Espaguete

De acordo com Costa (2013), o Diagrama de Espaguete define de maneira ilustrativa aérea a movimentação do operador na execução de tarefas. É também

conhecido por Diagrama de Fluxo, e pode demonstrar tanto o movimento de pessoas como o de produtos (TUBINO, 2011 apud FAVERI, 2013). A Figura 2 demonstra de o processo descrito de forma ilustrativa.

Figura 2 - Diagrama de Espaguete.



Fonte: Martins (2013).

De acordo com Turute (2017), esta é uma ferramenta que permite a visualização de desperdícios de tempo em relação a movimentos e também na visualização de tarefas repetitivas. O uso desta ferramenta em uma produção de moldes para microfusão permite melhor visualização das movimentações necessárias, e pode ser utilizada para comparação entre processos distintos.

2.1.4. Perda por Processamento

Segundo Liker & Meier (2007), perdas por processamento ou perdas pelo processo em si, são as atividades realizadas que não contribuem para a caracterização do produto solicitado pelo cliente e que geram custo ao processo. Para fornecimento de um produto fabricado de pelo processo de microfusão por

exemplo, não importa ao cliente se o molde utilizado para fabricação daquele item foi confeccionado por processo “A” ou pelo processo “B”, o que importa ao cliente é o resultado final obtido pelo processo, que é a peça microfundida.

De acordo com Shingo (1996), a Engenharia de Valor é a primeira etapa para melhoria do processo com foco na redução da perda por processamento, onde se faz necessário redesenhar o produto de maneira a não afetar a qualidade, porém reduzindo o custo produtivo. A etapa seguinte ainda de acordo com Shingo (1996), é avaliar as tecnologias, ferramentas e processos de fabricação utilizados, e refazer o mesmo desenho indicado na primeira etapa, porém desta vez em relação ao processo utilizado. Com o mercado apresentando novas tecnologias, este redesenho de processos se torna necessário continuamente.

A redução no processamento é um item de necessidade contínua (SHINGO, 1996). Na Manufatura Subtrativa, o material é removido e em algumas soluções de usinagem apresentam a necessidade do uso de mais de um processo de fabricação para atingir o produto final (VOLPATO, 2007). Na Manufatura Aditiva o processamento é reduzido devido a capacidade de confecção em camadas finas e eliminação de alguns processos necessários para execução de formas complexas (D’AVENI, 2015).

Um indicador para verificação dos processos utilizados em uma empresa é o “Mapa de Fluxo de Valor”. Pode ser utilizado para ilustrar um comparativo entre dois processos distintos que resultarão no mesmo produto final ao cliente (WOMACK; JONES, 1998).

2.1.5. Perda por Estoque

De acordo com Tubino (2007), esta perda é uma consequência direta da perda por superprodução. O Sistema Toyota de Produção utiliza a perda por estoque como a origem dos problemas como um todo, gerando falta de informações, dificuldade em gerir a manutenção e o armazenamento (SHINGO, 1996).

Como consequência, o estoque em excesso gera imobilização de capital desnecessário, ocupa espaço físico fabril sem geração de valores ao produto e ainda gera a necessidade de criação e desenvolvimento contínuo de um sistema ou grupo de pessoas para administrar este processo (TUBINO, 2007). Além destes

problemas, gera a possibilidade de ocorrer avarias na qualidade dos produtos, caso fiquem em tempo demasiado no estoque.

De acordo com D'Aveni (2015), processos de Manufatura Aditiva apresentam vantagem em relação ao volume de estoque, uma vez que existe a possibilidade de aproximar a produção até o cliente final. Ainda segundo D'Aveni (2015), por se tratar de um processo com possibilidade de menores movimentos de fabricação e montagens, a Manufatura Aditiva reduz a necessidade de estoques entre processos que antes eram necessário e utilizados pela Manufatura Subtrativa. Em um Mapa de Fluxo de Valor, é possível verificar comparativamente a diferença entre o volume de estoque necessário entre o sistema aditivo e o sistema subtrativo.

2.1.6. Perda por Movimento

Para Liker & Meier (2007), a perda por movimento está ligada diretamente aos movimentos realizados por funcionários e colaboradores que não apresentam acréscimo de valor ao produto.

Esta perda ou desperdício geralmente ocorre devido ao ambiente de trabalho e a padronização do processo em si que apresentem desorganização. Uma metodologia sistemática de trabalho com arranjo sequencial de peças e ferramentas juntamente com os procedimentos operacionais claros são formas de eliminar esta perda. Depois de exauridas as possibilidades de redução destes movimentos, deve-se investir na mecanização de movimentos (NAZARENO *et al.*, 2001; WOMACK; JONES, 1998; SHINGO, 1996; GHINATO, 1994; BORNIA, 1995; KAYSER, 2001).

Essa perda por movimento, apresenta uma redução considerável se compararmos Processos Subtrativos com Processos Aditivos, pelo que se reduz a necessidade de processamentos desnecessários uma vez que a concepção aditiva permite a execução de projetos mais complexos, sem a necessidade de troca de equipamento para execução completa (D'AVENI, 2015). Esta movimentação pode ser comparada e melhor visualizada entre os processos comparativos através do uso de um Diagrama de Espaguete.

2.1.7. Perda por Defeito

Segundo Tubino (2007), este é sem sombra de dúvidas o desperdício mais elementar que uma empresa pode gerar, pois foram utilizados matérias primas, maquinários e pessoas para produção equivocada de produtos com defeito. O tempo dispensado para produção de produtos defeituosos também é um problema grave enfrentado por esta perda e ainda segundo Tubino (2007), é um fator extremamente desmotivador para o funcionário quando este recebe a informação que seu esforço de trabalho foi dedicado para produção de peças defeituosas.

A perda por defeito é o desperdício mais comum e visível existente entre as outras perdas descritas, e também é a perda que causa o maior impacto aos olhos do cliente (GHINATO, 1994; DIEDRICH, 2002).

Segundo Shingo (1996), as perdas por defeito podem ser eliminadas através do controle e inspeção preventiva, de modo que, quando detectadas, devem ser tomadas medidas corretivas para impedir a recorrência do desperdício. Ainda segundo Shingo (1996), a inspeção realizada ao final do processo, é menos efetiva quanto a redução de não-conformidades do sistema.

Para Tubino (2007), esta perda por defeito pode ocorrer devido a procedimentos incorretos, máquinas com manutenção ineficiente, equipamentos desregulados e lotes econômicos muito grandes. Para reduzir este impacto sobre o processo produtivo, Tubino (2007) indica a redução do tamanho dos lotes econômicos, o que possibilita uma maior visibilidade dos problemas oriundos da produção, e um maior controle de inspeção de qualidade. Segundo D'Aveni (2015), um processo de Manufatura Aditiva, permite a redução do número de equipamentos, movimentos, transportes, *pressets*, montagens, etc, necessários para confecção de um produto. Esta redução acaba gerando um aumento do controle de qualidade, uma vez que o processo fica menos exposto a variações.

2.2. MICROFUSÃO

A fundição pelo processo de cera perdida, tem vestígios datados de 4.000 A.C. e possui uma ampla aplicação na produção de peças até os dias atuais. Iniciado na China, passou a ser conhecido e utilizado em outras partes do mundo

como Índia, Egito, África e Europa. O processo de fundição por cera perdida, também obteve vestígios de que foi utilizada na América Latina por colombianos e aztecas (BIDWELL, 1997).

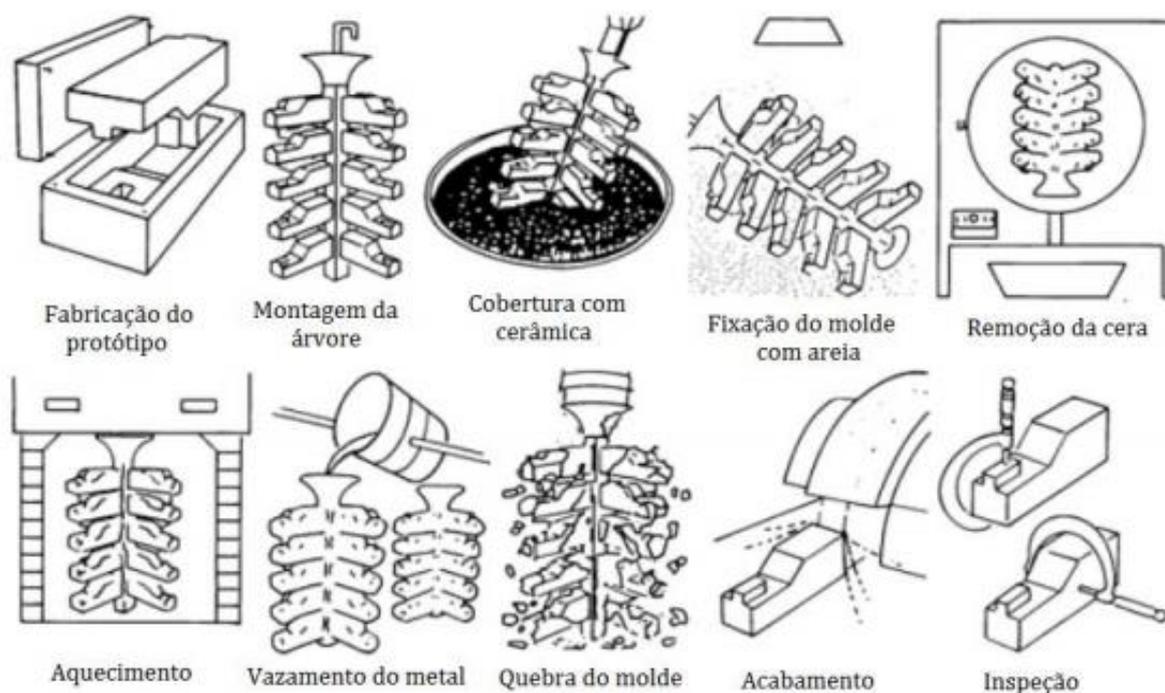
Segundo TREZ e BORDIN (2015), o processo de microfusão comumente utilizado se caracteriza pelo uso de moldes injetados em cera, plástico, ou similares, oriundos de matrizes de injeção para este fim. Estas matrizes de injeção possuem uma cavidade interna negativa com o formato da peça que se deseja fundir. A cera líquida é injetada sob pressão para dentro desses moldes, e após o tempo de solidificação, esta cera com o formato da peça desejada na fundição é retirada do molde e processada em uma nova etapa.

Conforme descrito por Bidwell (1997), o passo seguinte é a montagem da “árvore”, também conhecido por cachos de modelos. Estes cachos são compostos por uma espécie de tronco central, onde as peças de cera injetadas com o formato desejado são fixadas ao seu corpo. Ainda segundo Bidwell (1997), estes cachos de modelos são submetidos a uma imersão sequencial entre lama cerâmica e partículas refratárias até o recobrimento completo da superfície externa da “arvore”. Após este processo o cacho fica submetido a um processo de secagem. Este processo de imersão sequencial e secagem pode levar até 10 dias de procedimentos (TREZ; BORDIN, 2015).

O processo de deceragem consiste em retirar a cera que foi envolvida pela capa refratária originada pelo processo. Após esta capa refratária, que agora possui em seu interior oco, o formato das peças a serem fundidas, é submetido a um processo de calcinação em alta temperatura, para garantir melhora na resistência mecânica e fluidez no vazamento do metal líquido (TREZ; BORDIN, 2015).

Após a solidificação do metal líquido, a casca refratária é quebrada, o seu produto interno é retirado e deste cacho de modelos, agora totalmente composto de liga metálica, são retiradas as peças microfundidas, processadas com acabamento e inspecionadas (BIDWELL, 1997). Na Figura 3 é relacionado uma síntese esquemática do processo de microfusão.

Figura 3 - Processo Fabricação por Microfusão.



Fonte: ASM International (1992).

Segundo Bidwell (1997), o processo de fundição por cera perdida foi adaptado por volta do século XIX por dentistas e joalheiros para fabricação de pequenas peças, geralmente microfundidas em ouro. A partir dos anos 40 é que o potencial desta técnica foi percebido e amplamente explorado. O desenvolvimento e aprimoramento industrial desta técnica se iniciou em peças aeroespaciais (BIDWELL,1997)

2.2.1. Moldes para Injeção na Microfusão

Os primeiros moldes fabricados na história são antigos e datam da época da criação de moedas e medalhas (COHEN, 2014). Segundo Redwood (2018), um molde para injeção funciona através de um material líquido fundido que é injetado sob pressão para o interior de um molde com desenho negativo da peça desejada, e que após o tempo de resfriamento e solidificação, está pronta para ser retirada e processada.

O processo de microfusão tem como etapa inicial a necessidade do uso de um molde com o desenho sólido negativo da peça a ser fabricada (BIDWELL, 1997).

Estes moldes apresentam uma grande barreira no que diz respeito a produção de peças microfundidas em pequenos lotes ou de protótipos, devido a seu custo elevado e tempo dispensado para desenvolvimento e produção dependendo da complexidade do produto final (TREZ; BORDIN, 2015).

Moldes para injeção de cera trabalham com menor pressão e menor regime de temperatura do que moldes utilizados em específico para injeção de termoplásticos, por este motivo possui um custo reduzido se comparado a este processo devido a materiais utilizados e estrutura processos fabricação (BIDWELL, 1997). Geralmente são moldes fabricados com estrutura externa em aço, e por consequência da baixa pressão de injeção e baixa temperatura de trabalho, sua cavidade interna, ou negativo da peça a ser injetada é usinado em alumínio, aço carbono de baixa liga ou até mesmo podem ser confeccionados em resina epóxi usinada (BIDWELL, 1997). Na Figura 4 segue um exemplo de molde utilizado para o processo de injeção na microfundição.

Figura 4 - Molde para injeção de cera para processo de microfundição



Fonte: Express Machining and Moulds (2018).

O processo de fabricação de moldes inclui uma vasta gama de máquinas para realizar a remoção do material a fim de proporcionar os contornos do perfil desejado na cavidade (COHEN, 2014). As tecnologias e maquinários envolvidos neste processo conhecidas dos fabricantes tradicionais de moldes, são ligadas e

processos de remoção de material por corte, descarga elétrica, eletroerosão por penetração e a fio, etc. Outro fator específico para este processo de produção de moldes, é o fato de que cada máquina onde um processo de usinagem é realizado, tem a necessidade do uso de uma variedade de ferramentas diversa, dependendo da complexidade da cavidade a ser executada (COHEN, 2014). Com esta informação, podemos concluir que além de ocorrer trocas de máquinas para desenvolvimento do molde, ocorre também dentro do processo interno de cada máquina uma troca de ferramentas para execução do modelo. Cada troca de máquina, e cada troca de ferramenta aumenta o tempo de espera no processo, pode ocasionar filas desnecessárias, e conseqüentemente aumentar o *Lead Time* de produção.

2.2.2. Moldes Híbridos

De acordo com Booyesen (2010), a usinagem de moldes no processo tradicional envolvendo manufaturas subtrativas por muitas vezes e dependendo do volume de peças a ser injetadas pelo molde, é de valor mais elevado do que as peças que serão produzidas por ele. Ainda de acordo com Booyesen (2010), o desenvolvimento de novos produtos tem como sua despesa principal o custo com ferramentas de injeção.

Uma abordagem híbrida seria uma opção na tentativa de reduzir custos no processo de fabricação de moldes, bem como reduzir o tempo de entrega do produto final (Booyesen, 2010). Segundo Redwood (2018), com as tecnologias convencionais apenas grandes lotes de peças eram atrativos para este tipo de manufatura.

Um molde híbrido consiste em unir o melhor rendimento de duas tecnologias diferentes de manufatura, a subtrativa e a aditiva. De acordo com Booyesen (2010), peças grandes, com formatos simples possuem preferência para serem confeccionadas pelo processo subtrativo, porém, peças pequenas e com detalhes mais complexos são indicados para serem confeccionados por processo de Manufatura Aditiva. É o caso de moldes para injeção de cera, onde sua estrutura externa é geralmente quadrada, sem nenhum detalhe complexo. A cavidade interna dos moldes de injeção, com o formato negativo da peça a ser produzida, geralmente

possuem detalhes complexos, e são peças de dimensional menor. Na Figura 5, pode-se observar a construção de um molde genérico híbrido, com corpo externo em aço e núcleo ou cavidade, em material impresso plástico. Este molde representado na Figura 5 é utilizado para processo de injeção de material termoplástico.

Figura 5 - Molde Híbrido para injeção plástica.



Fonte: Computer Aided Technology (2014).

De acordo com Redwood (2018), um fator importante para a decisão de construção de um molde híbrido é conhecer o volume de peças a ser produzido, bem como o acabamento e tolerância dimensional do mesmo. Essa decisão ocorre devido a vida útil maior proporcionado por moldes convencionais em materiais típicos que ainda persiste em relação a moldes impressos, e também devido a acabamentos e tolerâncias dimensionais que também seguem a mesma perspectiva (BOOYSEN, 2010).

Existem moldes híbridos para injeção de plásticos confeccionados com cavidades impressas em plástico especial, com capacidade para suportar até 300 ciclos de injeção (REDWOOD, 2018). Segundo Naitove (2014), moldes de baixa pressão e temperatura são indicados para confecção em processo de Manufatura Aditiva em materiais termoplásticos.

Segundo Homar e Pušavec (2017), outra vantagem para o processo aditivo utilizado em confecção de cavidades de moldes, é em relação aos canais de refrigeração. Como citado anteriormente, o material fundido em estado líquido é injetado sob pressão para o interior do molde, e pode ser retirado do mesmo apenas após a sua solidificação. O processo de solidificação pode ser reduzido consideravelmente através do resfriamento forçado das paredes internas do molde. Este processo de resfriamento na Manufatura Subtrativa convencional é realizado através de furos passantes ao longo do molde, próximos às paredes da cavidade. Porém, a Manufatura Subtrativa não permite uma distribuição adequada e eficiente destes canais por limitações do processo. Com a Manufatura Aditiva, os canais de refrigeração podem literalmente fazer curvas e contornar a cavidade de maneira a promover uma refrigeração mais eficiente (HOMAR; PUSAVEC, 2017).

2.3. MANUFATURA ADITIVA

Segundo Rüßmann M. et al. (2015) a Manufatura Aditiva, possui um destaque no conjunto inovador de processos produtivos da chamada Indústria 4.0, sendo conhecida como um dos seus pilares fundamentais. Contudo, não se trata de uma tecnologia nova. Na década de 80 alguns experimentos foram executados neste sentido aditivo de manufatura, sendo conhecidos na época por Prototipagem Rápida (MAHAMOOD et al., 2014). Eram processos lentos, custosos e de materiais limitados, e segundo Miller (2014), custos com equipamentos e matérias primas elevadas desmotivava o interesse de empresas pelo processo.

De acordo com Huang et al. (2013), Manufatura Aditiva consiste em um processo de 3 etapas. Um modelo de 3 dimensões é desenvolvido, enviado em linguagem padrão para um equipamento de Manufatura Aditiva, e dentro deste equipamento de manufatura é construído o modelo 3D camada por camada. Este processo é classificado de acordo com o material que é impresso ou a tecnologia utilizada para fusão dos materiais (WONG; HERNANDEZ, 2012a). Também conhecida por Impressão 3D, a Manufatura Aditiva possui um diferencial produtivo no que diz respeito a etapas construtivas. Possui um princípio de deposição de material camada por camada, seguindo as orientações geométricas de um modelo sólido em 3D (VOLPATO, 2017). Desta forma, trata-se de um processo enxuto, e de

menor geração de resíduos se comparado a Manufaturas Subtrativas, onde um simples processo de furação por exemplo, gera remoção de matéria prima, resíduos, etc (MAHAMOOD et al., 2014).

Atualmente, um número expressivo de materiais aplicáveis ao processo de Manufatura Aditiva vem sendo desenvolvidos e popularizados na indústria brasileira (VOLPATO, 2017). Materiais como polímeros, compósitos, biológicos, metais e até mesmo cerâmicas já estão sendo utilizados nesta tecnologia (FRAZIER, 2014). Um ponto positivo conhecido da Manufatura Aditiva é a reduzida produção de desperdício pelo processo, uma vez que praticamente não se geram resíduos na fabricação. A redução de desperdício de material no processo Aditivo pode chegar em até 70% em alguns casos (STRATFOR GEOPOLITICAL DIARY, 2013). Com base no princípio de fabricação do processo, pode-se afirmar que o gerenciamento de estoques e materiais sofre uma grande alteração em termos de variedade e volume. Onde antes seria necessário barras e chapas de várias bitolas e espessuras de um mesmo tipo de material, agora, este estoque se reduz apenas a um elemento com a composição química desejada, em formato de pó, ou filamentos (VEIT, 2018). Ocorre desta forma um efeito cascata de redução de custos.

Em termos produtivos, a Manufatura Aditiva proporciona uma redução no planejamento e programação da produção. Isto ocorre uma vez que elimina-se a necessidade excessiva de processamentos, equipamentos, movimentos e transportes antes utilizados pela Manufatura Subtrativa (LECKLIDER, 2017).

Alguns processos utilizados e conhecidos como Manufatura Aditiva são a Estereolitografia (SLA), *Poli Jet*, Sinterização Seletiva a Laser (SLS), Fusão por Feixe de Elétrons (EBM), *Laser Engineered Net Shaping*(LENS), Impressão Aglutinante (3DP), Prometal, *Laminated Object Manufacturing* (LOM) e a Fusão por Deposição de Material (FDM). No Quadro 4, estão relacionados de maneira resumida as vantagens e desvantagens relativas aos processos de Manufatura Aditiva citados.

Quadro 4 - Síntese das Técnicas de Manufatura Aditiva – Vantagens e Desvantagens
(continua)

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
FDM	Vasta gama de materiais que podem ser utilizados.	Tempo de construção do produto final (ciclo).
	Maior resistência do material.	Precisão limitada.
SLA	Tempo de construção do produto final (ciclo).	Materiais limitados.
	Tecnologia mais utilizada.	Custo alto dos materiais.
		Fabricação de formas pequenas.
POLY JET	Alta resolução do produto final.	Produtos mais frágeis quando relacionados com a SLS e SLA.
	Qualidade.	Necessita utilização de um polímero gel para complemento do processo.
SLS	Vasta gama de materiais que podem ser utilizados.	Precisão limitada.
	Não há perda de MP, pois o pó não utilizado pode ser reciclado.	Fácil oxidação.
EBM	Pode processar uma variedade de materiais pré-ligados.	Ainda necessita ser realizado em uma câmara a vácuo.
LENS	Pode ser usada para reparação de peças.	Necessita de processos de pós-produção para garantir um melhor acabamento.
	Não requer operações de queima secundária como a sinterização.	Limitação geométrica para superfícies complexas.
	Força e ductilidade (grau de deformação que a peça suporta até quebrar).	Necessidade de uma base metálica para iniciar o processo de fabricação.
3DP	Velocidade de fabricação mais rápida entre as tecnologias de manufatura aditiva.	Acabamento de superfície áspera
	Baixo custo dos materiais	Limitações de tamanho de peças
		Custo elevado do equipamento

Quadro 4 - Síntese das Técnicas de Manufatura Aditiva – Vantagens e Desvantagens
(conclusão)

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
PROMETAL	Construção de ferramentas	Remoção de material excedente
		Necessidade de processo complementar
LOM	Variedade de materiais	Instabilidade dimensional
	Tecnologia barata	Necessita subtração de parte do material
	Não emite gases tóxicos	Tempo de pós produção para acabamento e melhoria da qualidade.

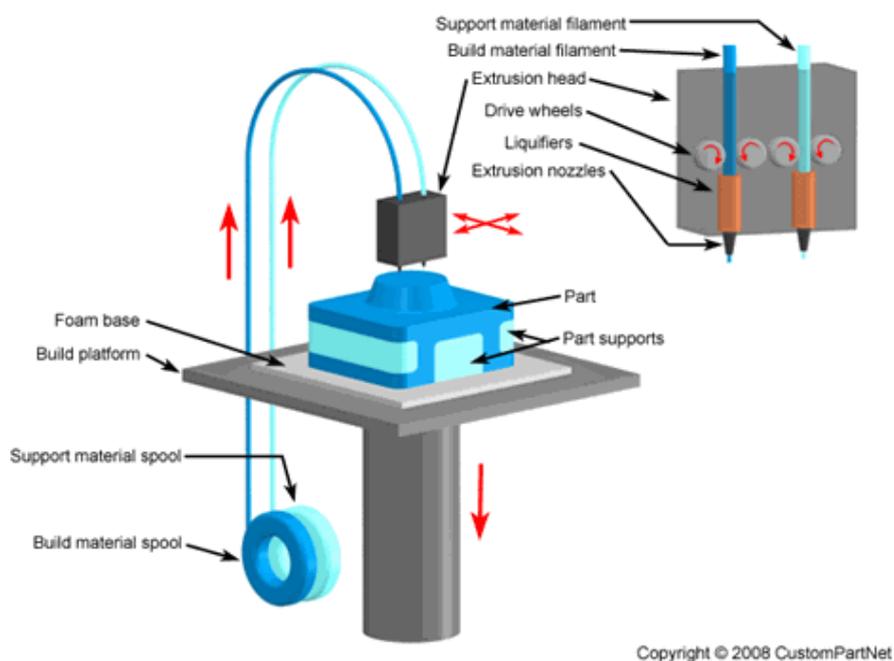
Fonte: Veit (2018).

A seguir será apresentado o princípio de funcionamento e outros itens pertinentes ao processo de Fusão por Deposição de Material (FDM), o qual foi utilizado como parte integrante da pesquisa realizada.

2.3.1. Fusão por Deposição de Material (FDM)

Fusão por Deposição de Material surgiu no início da década de 90, e consiste na fusão de um filamento, em geral um termoplástico e uma câmara de aquecimento são utilizados para liquefazer o polímero (HUANG et al.,2013; PALLAROLAS, 2013). Segundo Pallarolas (2013), o polímero é aquecido 1 grau acima do seu ponto de fusão para que tenha a capacidade imediata de solidificação ao entrar em contato com seu contorno de deposição. É considerado um processo de baixo custo de manutenção (HUANG et al. 2013). Na Figura 6 é possível verificar ilustrativamente o princípio deste processo.

Figura 6 - Esquema básico de desenvolvimento de peças por meio de FDM.



Fonte: CustomPart Net (2018).

Como vantagem, pode-se citar a grande quantidade de materiais que podem ser utilizados neste processo e as propriedades mecânicas resultantes desta tecnologia (PALLAROLAS, 2013). Para Wong e Hernandez (2012), a técnica de Fusão por Deposição de Material com base em polímeros, apresenta peças resultantes com características mais resistentes, o que torna o processo interessante para produção de moldes de injeção. O baixo valor de investimento se comparado a outros processos e a fácil operabilidade do maquinário permitiram que este processo popularizasse a prototipagem rápida por adição de material no (KRUTH et al., 1998). De acordo com Volpato (2017), as velocidades de trabalho e deslocamento nos eixos de impressão são um fator negativo para tecnologia de fusão por deposição de material. Levando-se em consideração as características apresentadas, este processo foi utilizado no estudo de fabricação de moldes para injeção de cera, dentro do processo de microfusão.

2.4. MANUFATURA ADITIVA E LEAN MANUFACTURING

O pensamento *Lean Manufacturing* tem por objetivo a eliminação de perdas e de atividades que demandam tempo e recursos que não apresentam adição de valor

ao produto final físico (Womack e Jones, 2010). No mesmo sentido, a Manufatura Aditiva apresenta um processo de trabalho enxuto, onde peças complexas, personalizadas, volume de produção controlado são o grande diferencial desta tecnologia e permitem uma maior facilidade e flexibilidade de produção (Conner et al. 2014).

Segundo Conner (2014) a Manufatura Aditiva é uma tecnologia que permite a redução ou a eliminação de resíduos em um processo de manufatura avançada. Além desta redução de desperdício físico, e alinhado com o pensamento *Lean Manufacturing*, a Manufatura Enxuta pode exercer poder redutivo do que diz respeito a tempo de espera, inventário, processamento, resíduos de superprodução e consequentemente produtos defeituosos (SATOLGU et al. 2018). De acordo com Satoglu (2018), existe uma relação direta do impacto da Manufatura Aditiva em 5 das 7 perdas do *Lean Manufacturing*.

Perda por Transporte e Perda por Movimento, não apresentam influência com o uso da Manufatura Aditiva de acordo com Satoglu (2018). Por outro lado, perda por espera, perda por estoque, perda por superprodução, perda por processamento em si e perda por peças defeituosas são indicadas como fatores com possível sensibilidade à tecnologia de Manufatura Aditiva, e que podem apresentar vantagens visíveis ao processo (SATOGLU, 2018).

Conforme já citado no tópico sobre Manufatura Aditiva, o maior deste processo está relacionado diretamente ao princípio *Lean Manufacturing*, redução de perdas. A redução de perdas com o processo aditivo tem início na produção e estoque de matéria prima (STRATFOR GEOPOLITICAL DIARY, 2013).. No processo de fabricação subtrativo, a geração de matéria prima necessita de uma variada gama de processos e ferramental para que um produto possa apresentar-se com as mais variadas bitolas em barras ou espessuras de chapas. No processo aditivo, este estoque limita-se a apenas um item por produto, pó ou filamentos que após processados pela Manufatura Aditiva poderão apresentar os mais variados formatos (STRATFOR GEOPOLITICAL DIARY, 2013). Desta forma, consequentemente além de gerar redução na produção de matéria prima, o processo de Manufatura Aditiva permite redução nos gastos com transporte desta mesma matéria prima. O volume de estoque e a variedade de matéria prima necessária em uma organização cai drasticamente com o uso da Manufatura Aditiva (LECKLIDER, 2017).

Outra vantagem de impacto significativo na redução de perdas e alinhamento com o pensamento *lean*, está relacionado a gestão deste estoque citado anteriormente. A Manufatura Aditiva permite uma redução de planejamento e programação de manutenção do estoque (VEIT, 2018). Segundo já citado no tópico sobre Manufatura Aditiva, Lecklider (2017) afirma que o processo aditivo gera uma redução no processamento em excesso, redução no uso de máquinas e equipamentos, redução de transportes e movimentos, promovendo uma maior eficiência no controle e planejamento da produção.

A seguir serão apresentados os passos para realização da coleta dos dados e os procedimentos para tratamento e alocação das informações coletadas a fim de realizar o estudo comparativo desejado e suprir as lacunas relativas as 7 perdas da Lean Manufacturing dentro deste processo de microfusão.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Miguel (2012), a metodologia utilizada por um trabalho de pesquisa deve apresentar um embasamento científico adequado e utilizar uma abordagem específica. No desenvolver deste capítulo, serão abordados o método de pesquisa utilizado, método de trabalho, coleta, análise e avaliação de dados.

3.1. MÉTODO CIENTÍFICO

De acordo com Dresch, Lacerda e Antunes JR (2015), levando-se em consideração o foco inicial da pesquisa e seus objetivos, os métodos científicos demonstram como todo conhecimento adquirido foi desenvolvido e atingido. Uma pesquisa que apresenta sua base na observação de um objeto é considerada como sendo do Método Indutivo (DRESCH, LACERDA e ANTUNES, 2015). Deste modo, esta pesquisa apresenta caráter Indutivo, uma vez que foi observado o impacto causado pelo uso de novo processo em um determinado processo produtivo.

3.2. MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Boaventura (2011), informações aliadas a metodologias e técnicas investigativas são a base de uma pesquisa científica. Uma pesquisa é uma investigação que possui como resultante desejada estabelecer teorias, evidências e atuar em solução de problemas (DRESCH, LACERDA e ANTUNES, 2015). Na pesquisa de Natureza Aplicada, um processo é centrado em gerar informações que possam ser atribuídas a realidade (DRESCH, LACERDA e ANTUNES, 2015). Portanto, de acordo com o alinhamento da natureza de pesquisa, este trabalho segue a Natureza Aplicada.

Para Bryman (1989), a aproximação da teoria aos dados reais com o intuito de ação é considerado um trabalho de abordagem qualitativa. Para Van Maanen (1979), uma pesquisa qualitativa tem por visão o entendimento de um processo. Uma pesquisa exploratória é aquela que necessita de identificação, conhecimento, levantamento ou descoberta de dados sobre um assunto específico recente

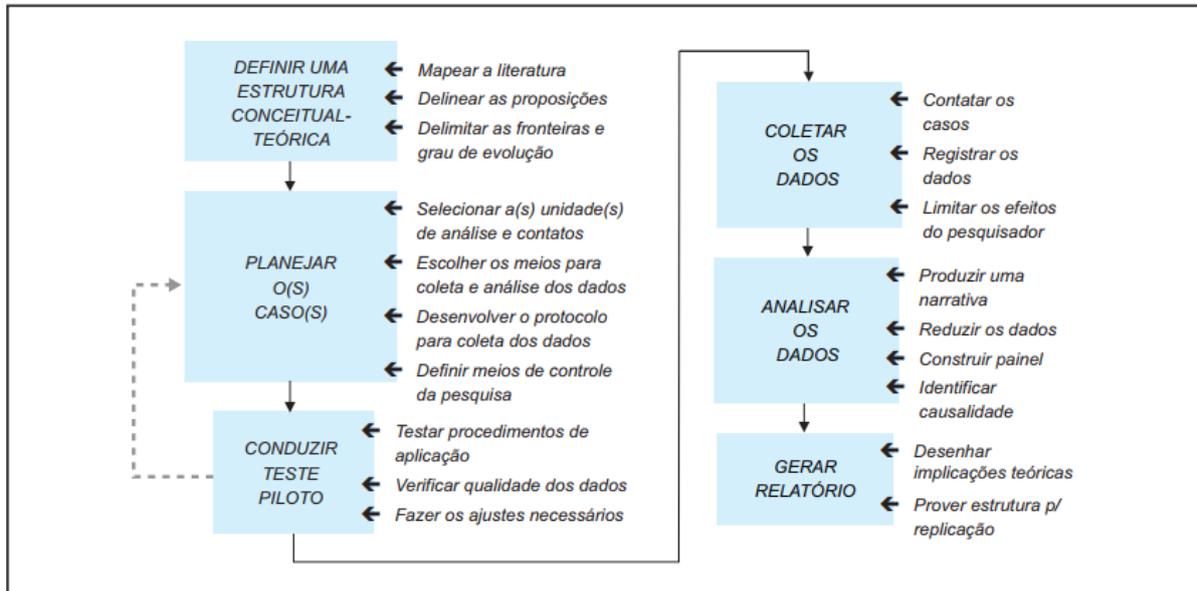
(SACCOL, 2012). Fazendo uma convergência com estas afirmações, este trabalho se classifica como sendo de abordagem Qualitativa, e de caráter Exploratório.

Para Gil (2010), a descritiva de uma determinada situação do contexto onde está sendo realizada uma investigação, tem alinhamento com o propósito do Estudo de Caso. Segundo Yin (2001), processos contemporâneos adicionados em um contexto real e de maneira ampla são aspectos que inclinam para escolha de uma pesquisa relacionada a Estudo de Caso. Levando estas informações de encontro com a proposta do trabalho apresentado, opta-se para a utilização do Estudo de Caso como norteador da pesquisa a ser realizada. A utilização de uma tecnologia emergente de fabricação e a análise no impacto no processo produtivo da empresa cria uma identificação com o procedimento metodológico de Estudo de Caso.

Segundo Yin (2001), pode ser considerado estudo de caso único aquele em que o estudo é o primeiro de sua ordem, sendo um caso-piloto e uma possível origem para casos múltiplos. Por se tratar de um primeiro processo de fabricação de molde para microfusão via MA dentro da empresa em estudo, trata-se então de um estudo de caso único, ou estudo de caso piloto.

Para encontrar uma resposta à pergunta de pesquisa **“Qual o impacto da utilização da Manufatura Aditiva quanto ao processo subtrativo analisado à luz Lean Manufacturing para confecção de moldes para microfusão?”** Se faz necessário buscar meios pelos quais sejam possíveis realizar medições de desempenho do processo, e em cada uma das 7 situações de desperdício relacionadas ao *Lean Manufacturing*. Segundo Miguel (2007), para desenvolvimento do estudo de caso se faz necessário uma condução de investigação. Para conduzir o estudo de caso foram utilizadas como base as sequências propostas por Miguel (2007) conforme segue na Figura 7.

Figura 7 - Condução de Estudo de Caso.



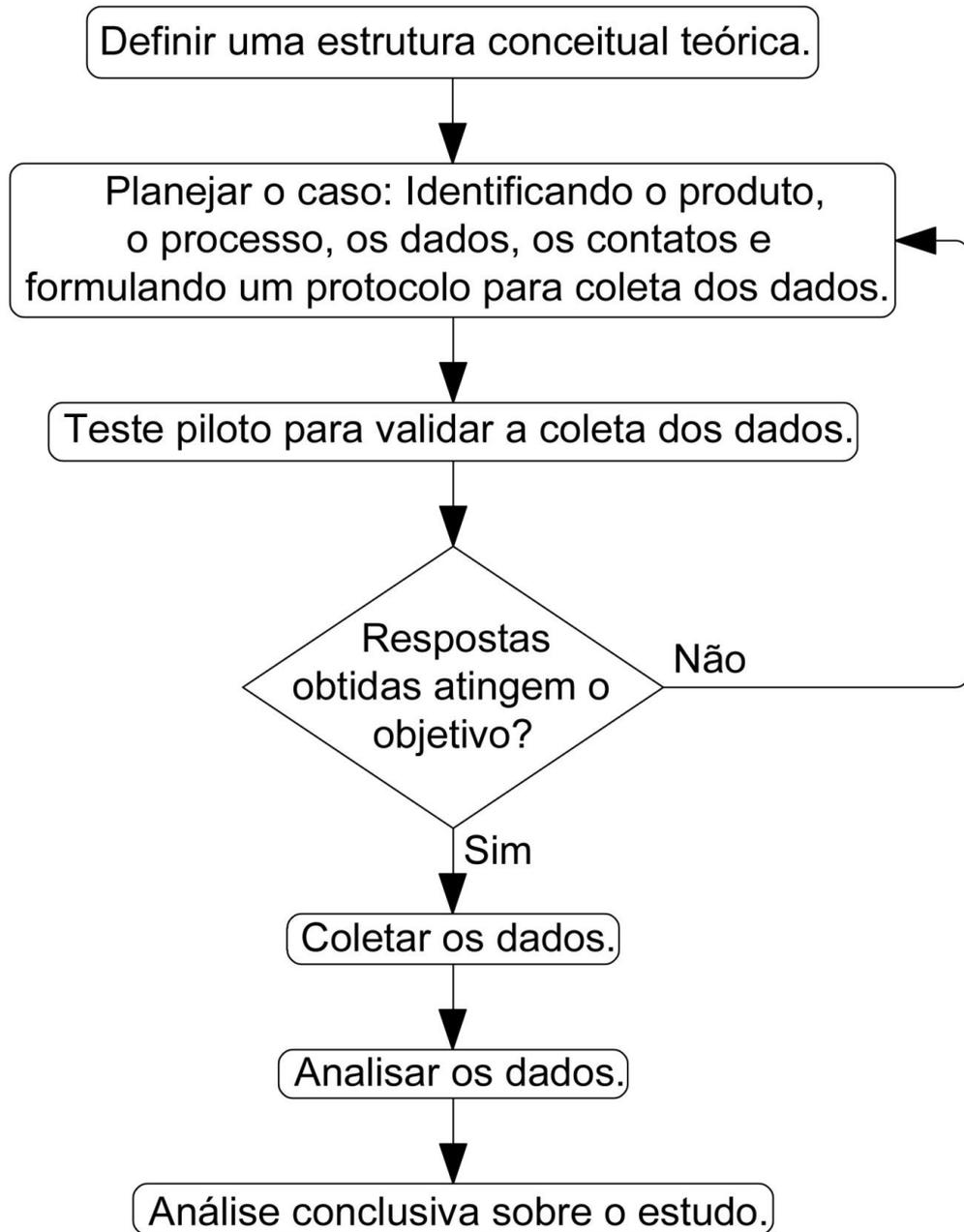
Fonte: Miguel (2007).

A seguir serão detalhados os passos para criação do método de trabalho específico para o estudo de caso presente neste trabalho, baseado nas etapas de Miguel (2007) e complementados por Yin (2001).

3.3. MÉTODO DE TRABALHO.

Tendo definido o método de pesquisa a ser utilizado, é necessário moldar o método de trabalho a ser desenvolvido a fim de atingir os objetivos planejados (DRESH, LACERDA, ANTUNES JR, 2015). Para seguir o desenvolvimento do estudo, segue na Figura 8 os passos propostos para alcançar o objetivo desejado.

Figura 8 – Método de trabalho.



Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Miguel (2007).

A seguir serão apresentados de modo detalhado cada etapa ilustrada na Figura 8.

3.3.1. Definição da estrutura conceitual teórica

Neste passo, segundo Miguel (2007), é necessário mapear a literatura, delinear proposições e delimitar as fronteiras e grau de evolução. Alinhado com o objetivo central do trabalho, no capítulo 2 foram pesquisados e apresentados os temas envolvidos no processo produtivo do estudo de caso, bem como as ferramentas para alocar os dados e permitir a visualização do estudo em questão. A proposta do estudo de caso é avaliar o impacto do uso da MA dentro de um processo de fabricação de molde para microfusão, utilizando como base de avaliação as 7 perdas da *Lean Manufacturing*.

Na empresa onde foi realizado o estudo de caso existe uma necessidade em agilizar o processo de confecção de moldes para microfusão, bem como reduzir o custo de produção do mesmo a fim de permitir que lotes menores de peças microfundidas sejam viáveis no mercado atual. Notando a capacidade produtiva gerada pelo processo da MA em outras áreas e empresas, foi decidido por aplicar esta tecnologia aditiva no processo de confecção de moldes para microfusão, e deste modo verificar qual impacto seria observado, permitindo ou não que este processo seja aplicado em outros moldes. Para modo de análise deste impacto foi adotado a verificação das 7 perdas da LM.

Para a realização da revisão sistemática literária a fim de investigar a contribuição acadêmica do estudo de caso, foi utilizado como base o método apresentado por Morandi e Camargo (2015). Todo processo relacionado a justificativa acadêmica foi apresentado na seção 1.3.2, onde constam os passos seguidos para realização da RSL (Revisão Sistemática da Literatura). Na seção 1.3.2 foram apresentadas as palavras chaves para investigação e identificado o tema central do trabalho. Também foram apresentados os métodos para busca do material literário, fontes de busca, os resultados encontrados, e os meios para seleção de material para leitura ligados ao tema do estudo de caso. Os artigos que não possuíam uma ligação em seu conteúdo principal com o uso da MA em um ambiente de Microfusão, ou MA com o impacto das 7 perdas *Lean Manufacturing* foram completamente descartados.

Para delinear os limites de abrangência do estudo, foi considerado o dimensionamento do processo que investigado. De modo que, apenas um estudo específico na confecção das cavidades do molde para microfusão foi escolhido

como foco de observação. Sendo mais específico, apenas a cavidade inferior e a cavidade superior do molde serão estudadas neste processo. O restante do molde, por não apresentar mudanças no processo de fabricação dentro do estudo não foi incluído no objeto de estudo, e podem servir como base para um estudo futuro de redução de perdas no processo.

Conforme Yin (2001), existem estudos de caso únicos que apresentam potencial múltiplo. Tendo o processo de fabricação de moldes para microfusão similaridade técnica com outros produtos confeccionados pela empresa em estudo, existe a possibilidade de multiplicar este estudo em outros produtos ou processos. Assim como também pode-se replicar este estudo em outras organizações que possuam um sistema produtivo semelhante. Sendo assim, a aplicação deste estudo de caso poderá ser utilizada em outras áreas em estudos futuros que possuam semelhança no sistema produtivo.

3.3.2. Planejar o caso

Neste processo será abordado a estruturação do planejamento do caso, levando-se em consideração as condições produtivas e acesso aos dados existentes na empresa em estudo e seus fornecedores externos.

3.3.2.1. Definição do produto

Segundo Yin (2001), um estudo de caso único, quando possível, deve ser escolhido de acordo com a facilidade ao acesso e qualidade dos dados que serão estudados. Desde modo o volume e a qualidade dos dados a serem estudados podem contribuir de forma positiva quanto ao desenvolvimento do estudo. Sendo assim, foi delimitado que o estudo de caso ocorrerá apenas no processo de confecção da cavidade superior e da cavidade inferior de um molde para microfusão, tendo em vista que os dados históricos existentes a este processo são de fácil acesso e elevado grau de confiabilidade tanto na empresa em estudo quanto nos fornecedores externos que serão utilizados no processo.

Para desenvolvimento do estudo, foi escolhido uma cavidade para molde de microfusão referente a uma peça padrão, contendo dimensões, detalhes e complexidade semelhantes aos exemplares já confeccionados via processo subtrativo no histórico recente da empresa. É possível visualizar a peça que foi utilizada para confecção de molde na Figura 9, essa peça será chamada de “Guia Fio DD”.

Figura 9 – Guia fio “DD” em foto frente e verso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com a escolha do produto a ser desenvolvido, um molde para microfusão, é necessário realizar o detalhamento 3D das cavidades a serem produzidas e identificar os processos envolvidos no sistema para estudo.

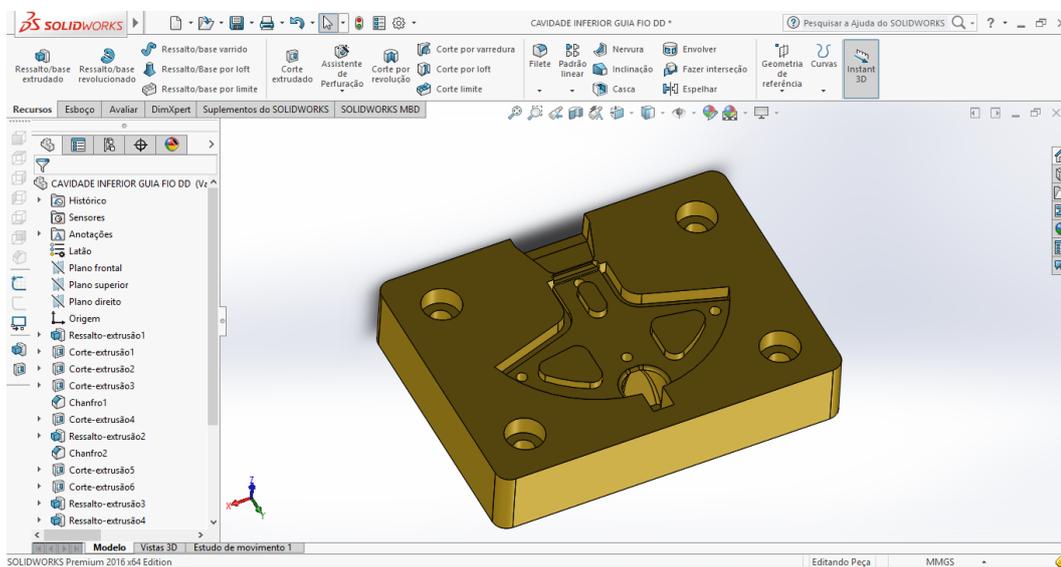
Para visualização do fluxo de processo do estado atual de produção das cavidades foi utilizado o processo convencional da empresa, que trabalha apenas com a manufatura subtrativa como meio produtivo. O material para confecção subtrativa é o Alumínio 5052, utilizado como padrão pelo processo atual da empresa em estudo na fabricação de cavidades para moldes de microfusão. O Alumínio 5052 é vendido em placas laminadas com espessuras que variam de 1mm até 500mm e se encontram em placas de 1.250x3000mm.

Para o processo futuro, foi utilizado a Manufatura Aditiva como alternativa construtiva. Conforme avaliação e validação do fornecedor de microfusão utilizado pela empresa em estudo, é possível e já foi testado a injeção de cera em cavidades fabricadas de modo subtrativo em material polimérico como o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno). Segundo Volpato (2017), o ABS também é um material utilizado em impressões 3D por processo FDM (Fusão por Deposição de Material) e que

garante satisfatória resistência mecânica. A MA garante uma tolerância dimensional dentro das esperadas em um processo de fundição (BASSOLI; GATTO; LULIANO VIOLANTE, 2007). O Fornecedor de MA que foi utilizado garante que a precisão do processo de impressão via FDM é similar ao processo de usinagem por subtração atualmente utilizado pela empresa em estudo. Portanto, o material escolhido para impressão da cavidade em 3D é o ABS, e o processo de Manufatura Aditiva a ser utilizado foi o FDM.

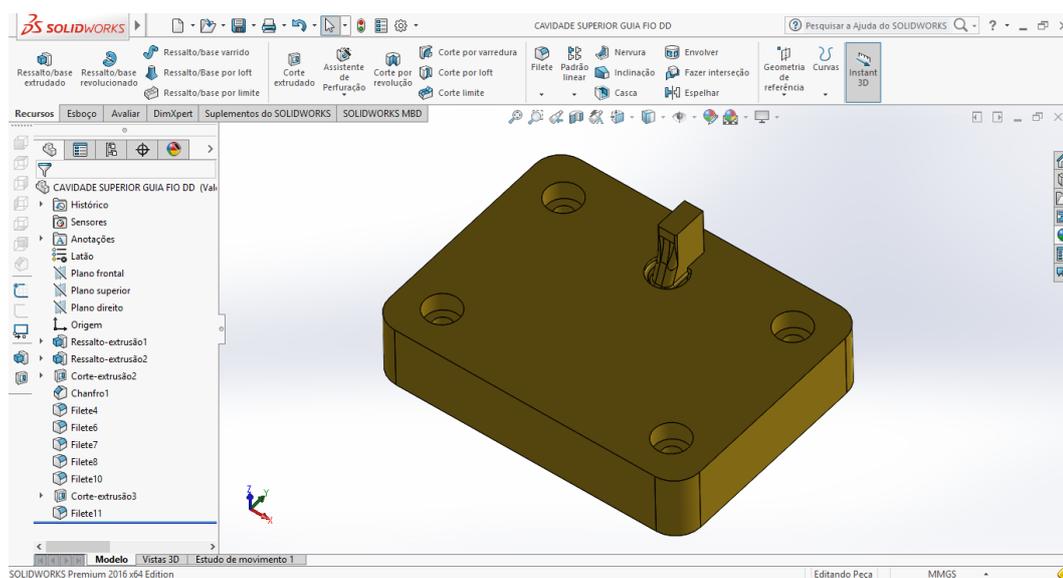
Para desenvolvimento 3D das cavidades foi utilizado o Software SolidWorks, sendo este o programa disponível na empresa em estudo para confecção deste tipo de produto. Para envio do desenho das cavidades ao Fornecedor de MA, foi realizado uma cópia em uma extensão *.STL (*Surface Tessellation Language*). Segundo Volpato (2017), esta extensão *.STL é própria para grande parte dos sistemas que trabalham com MA. As Figuras 10 e 11 ilustram as cavidades que foram estudadas no processo produtivo subtrativo e aditivo e serão utilizadas como base para comparação do impacto produtivo entre os processos em estudo..

Figura 10 – Cavidade inferior em modelamento sólido 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 11 – Cavidade superior em modelamento sólido 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para efetuar o estudo do impacto produtivo entre o processo atual e o processo futuro é necessário o uso de ferramentas para visualização dos 2 processos em estudo de maneira detalhada. Na sequência seguem as descrições das duas ferramentas que serão utilizadas e o processo produtivo a ser seguido.

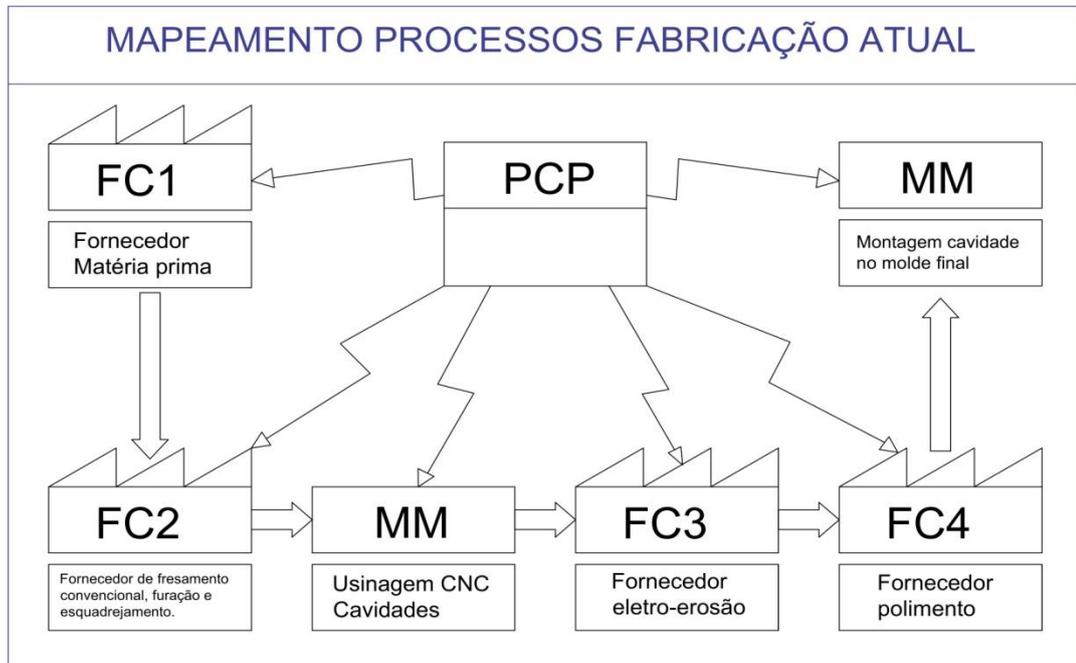
3.3.2.2. Definição e mapeamento dos processos em estudo

De acordo com Salgado et. al. (2009), o MPF (Mapa de Fluxo de Valor) é uma ferramenta que pode ser utilizada para verificação e comparação das 7 perdas da *Lean Manufacturing* entre o estado atual e o estado futuro. Alukal e Manos (2006), descrevem que o diagrama de espaguete possui utilidade para apresentar de forma clara os desperdícios relacionados a deslocamento e transporte realizados por funcionários. Diagrama de espaguete também é utilizado para demonstrar o deslocamento de um produto ao longo de um processo (WOMACK; JONES, 1998). Para a visualização dos dados pertinentes ao estudo de caso, foram utilizados o MFV e o Diagrama de Espaguete como ferramentas.

Segundo Rother e Shook (2003), um MFV é de fácil concepção, sendo necessário seguir os passos da produção em estudo, desde o início até o fim do processo de fabricação em análise e incluí-los em um mapeamento específico. Nas

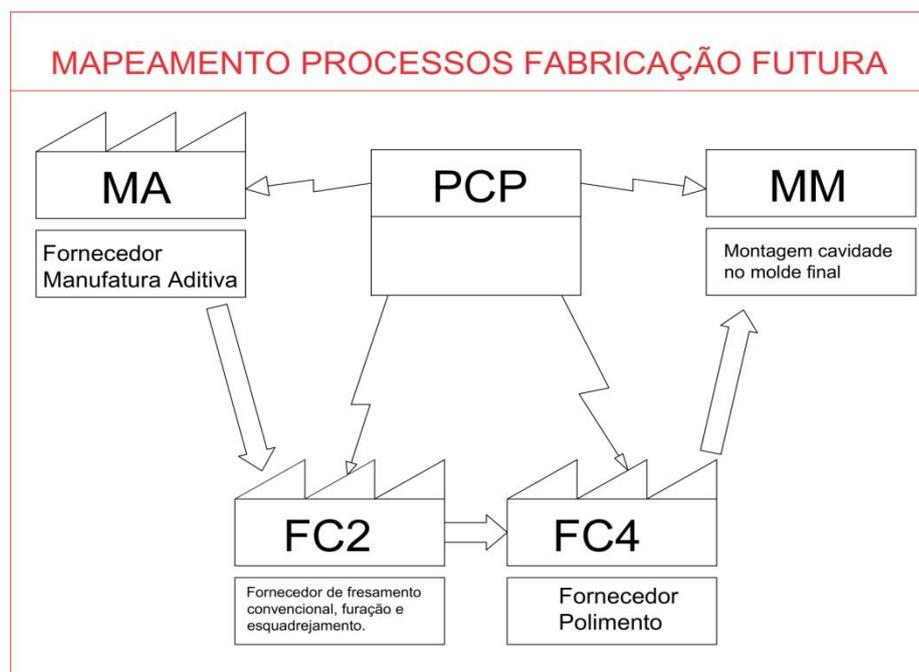
Figuras 12 e 13, estão mapeados os processos produtivos para confecção das cavidades que estão em estudo de acordo com o processo atual adotado pela empresa e o processo futuro a ser estudado.

Figura 12 – Mapeamento processo atual.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 13 – Mapeamento processo futuro



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Após definido o mapeamento dos 2 sistemas produtivos em estudo, Subtrativo e Aditivo, é necessário identificar os contatos, os dados desejados e a capacidade dos contatos em fornecer os dados desejados.

3.3.2.3. Identificação dos contatos para entrevista e dados para coleta.

Por motivos estratégicos a empresa em estudo “MM”, não possui todo equipamento necessário para confecção completa de seus produtos dentro de sua estrutura fabril. Alguns processos são realizados em fornecedores terceirizados.

Os contatos e fornecedores envolvidos no processo em estudo foram selecionados com base na afirmação de Yin (2001), que recomenda utilizar fontes de informação onde o acesso aos dados, a localização e a disponibilidade possuam acesso amplo e livre pelo pesquisador. Desta forma, a quantidade e a qualidade dos dados obtidos possui confiabilidade satisfatória. Para efeito de segurança, nenhum fornecedor terá sua identidade revelada, bem como os contatos de trabalho. Os contatos envolvidos no processo atual e futuro seguem na lista apresentada no Quadro 5:

Quadro 5 - Lista contatos envolvidos no processo.

Código	Nome	Produto ou processo fornecido	Contato
MM	EMPRESA "MM"	EMPRESA EM ESTUDO.	Gerente Produção
FC1	FORNECEDOR 01	FORNECEDOR DE PLACAS EM ALUMÍNIO.	Gerente Vendas
FC2	FORNECEDOR 02	FORNECEDOR SERVIÇO FRESAMENTO CONVENCIONAL, FURAÇÃO E ESQUADREJAMENTO.	Gerente Produção
FC3	FORNECEDOR 03	FORNECEDOR SERVIÇO ELETRO EROSÃO.	Gerente Produção
FC4	FORNECEDOR 04	FORNECEDOR SERVIÇO DE POLIMENTO.	Gerente Produção
FC5	FORNECEDOR 05	FORNECEDOR SERVIÇO MANUFATURA ADITIVA EM ABS.	Gerente Produção

Fonte: elaborado pelo autor.

Para Yin (2001), a coleta de dados deve seguir algumas premissas básicas para que as evidências encontradas possuam validade, e uma opção é a triangulação de informação recebida. Segundo Yin (2001), existem 6 fontes de evidências que convergem à um fato concreto para estudo:

- a) Registros em arquivo;
- b) Entrevistas espontâneas;
- c) Documentos;
- d) Observações diretas ou de participantes;
- e) Entrevistas focais;
- f) Entrevistas e levantamentos estruturados.

Para Miguel (2007), duas ou mais evidências possuem importância relevante, uma vez que é possível realizar uma análise de convergência entre as informações. Sendo assim, os dados referentes ao processo atual, ou seja, com utilização da manufatura subtrativa, possuem capacidade para executar a triangulação dos dados por meio de diferentes fontes de evidência histórica como: registros em arquivo, documentos e observações diretas e de terceiros, que foram obtidos através de uma entrevista específica para este fim. Já os dados referentes ao processo futuro, de MA, não possuem capacidade histórica de triangulação com outros casos por se tratar de um estudo de caso único na empresa em questão. Estes dados foram obtidos por meio de uma entrevista semiestruturada com os participantes do processo produtivo envolvendo a MA. Foi realizado todo processo físico de obtenção das cavidades impressas em 3D para modo de facilitação e confiabilidade ao acesso dos dados por parte das partes envolvidas.

De acordo com Yin (2001), as perguntas realizadas a fim de obter dados para investigação podem ser de 4 níveis, sendo que apenas 2 devem ser utilizados em estudo de casos únicos. As questões de Nível 1 são aquelas realizadas a um entrevistado em específico, e as questões de Nível 2 são questões feitas sobre casos individuais, que por sua vez, são utilizadas em protocolos de estudo de caso (YIN, 2001). As questões formuladas foram direcionadas especificamente para analisar os impactos causados no processo produtivo com o uso da MA, e foram realizadas diretamente ao entrevistado, através de correio eletrônico e contato telefônico.

Conforme Yin (2001), as questões devem apresentar fundamentação teórica, fontes das evidências e objetivo principal da pergunta. As perguntas foram abertas,

e possuem a função de fornecer dados para comparação dos processos e posteriormente serem aplicados ao MFV Atual e MFV Futuro. No Quadro 6, seguem as questões que foram utilizadas para realizar a investigação.

Quadro 6 - Questões a serem aplicadas na investigação. (continua)

Afirmação	Embasamento teórico	Pergunta	Objetivo da pergunta.
A Perda por superprodução é a produção antecipada de produtos. Superprodução é a produção de material desnecessário.	Liker & Meier (2007), Tubino (2007)	Qual a quantidade de perda da matéria prima para atingir as medidas e formas solicitadas no processo? (em mm ³ , peso ou afins).	Verificar o percentual perdido de matéria prima através do processo produtivo no setor ou no fornecedor.
Todo setup de máquina, parada por quebra, aguardo por matéria prima ou falta de sincronismo de produção são considerados perdas por espera.	(ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002; DEON, 2001).	<p>Por quantos <i>pressets</i> de máquinas o produto passou dentro deste processo até atingir as dimensões ou formas solicitadas? Quantos funcionários tem contato direto com o processo produtivo?</p> <p>Quantos <i>pressets</i> de ferramentas foram necessários para realizar o processo completo e atingir as dimensões ou formas solicitadas?</p> <p>Qual o tempo efetivo de realização do(s) processo(s) e por quanto tempo o produto esteve parado, em espera, incluindo o tempo de <i>presset</i> de máquinas e ferramentas? (considerar o tempo total de permanência do produto, desde a sua chegada ao setor/fornecedor até a sua saída.</p>	Analisar o número de <i>pressets</i> realizados, e que não agregam valor ao produto final. Verificar o tempo em que o produto esteve parado aguardando entrar em produção ou aguardando a realização dos <i>pressets</i> desde a sua chegada até a saída do setor ou fornecedor. Verificar o número de pessoas diferentes que trabalham no processo e tem contato direto com o produto.
A movimentação entre máquinas, e a movimentação para retirada ou armazenamento de produtos em estoque também é considerado perda por transporte.	Liker & Meier (2007)	Qual a distância total percorrida pelo produto ou matéria prima do produto, dentro do setor/fornecedor desde a sua chegada até a sua saída, com o intuito de atingir as dimensões ou formas solicitadas? Responder em metros ou similar.	Avaliar a distância percorrida pelo produto, como um percurso total para atender as necessidades solicitadas naquele processo dentro do setor ou fornecedor.
Perdas por processamento ou perdas pelo processo em si, são as atividades realizadas que não contribuem para a caracterização do produto solicitado pelo cliente e que geram custo ao processo.	Liker & Meier (2007)	<p>Existe algum processo paralelo, com ou sem o uso de outras matérias primas, ou uso de recursos que não sejam as do produto em processo, e que seja necessário realizar a fim de atingir o dimensional ou forma solicitada no setor/fornecedor? Considerar período de verificação desde a entrada do produto no setor/fornecedor até a sua saída.</p> <p>Caso exista um processo paralelo, qual custo deste processo? Quais recursos ele utiliza para ser efetuado?</p> <p>Caso exista um processo paralelo, qual tempo gasto para realizá-lo?</p>	Verificar a existência de processos paralelos para atingir o dimensional ou forma solicitada no setor/fornecedor. Analisar o custo e o tempo gasto com este processo secundário e sua influência dentro do processo principal.

Quadro 6 - Questões a serem aplicadas na investigação. (conclusão)

Afirmação	Embasamento teórico	Pergunta	Objetivo da pergunta.
<p>Estoque gera imobilização de capital desnecessário, ocupa espaço físico sem gerar lucros e gera gastos para o gerenciamento e manutenção do mesmo.</p>	<p>Tubino (2007), Shingo (1996).</p>	<p>Se houver fornecimento de matéria prima no processo pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o dimensional existente (em metros quadrados) para estocar a linha de matéria prima utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?</p>	<p>Verificar dimensional de área destinada ao estoque de matérias primas, de ferramentas utilizadas pelo processo, e maquinário envolvidos, bem como o valor imobilizado (em R\$) destes 2 elementos.</p>
		<p>Se houver fornecimento de matéria prima pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o valor imobilizado (em R\$) de estoque de matéria prima referente a linha utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?</p>	
		<p>Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o tamanho da área (em metros quadrados) destinada a estocar as ferramentas utilizadas no processo em estudo?</p>	
		<p>Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o valor (em R\$) imobilizado em ferramentas que foram utilizadas no processo para atingir o dimensional ou forma solicitada no processo?</p>	
		<p>Qual o valor imobilizado aproximado dos maquinários envolvidos para execução do processo solicitado? (R\$) Qual a área ocupada aproximada por estes equipamentos? (m²)</p>	
<p>Moldes para injeção possuem alto investimento para confecção, induzindo a necessidade de produção elevada de peças para justificar o investimento no molde.</p>	<p>Trez e Bordin (2016)</p>	<p>Qual o Valor do custo total do processo? (R\$)</p>	<p>Verificar o valor total investido no desenvolvimento da cavidade, e impacto na necessidade de peças produzidas para justificar o investimento.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

O questionário foi aplicado diretamente a todos os setores internos e fornecedores externos envolvidos, o contato utilizado para obtenção dos dados foi a nível de gerência de processos produtivos e de venda, facilitando o acesso as informações solicitadas. A fim de promover um sistema de coleta de dados confiável é necessário utilizar métodos que garantam a credibilidade das informações. Para tal, se faz a necessidade de uso de um protocolo de pesquisa, o qual é detalhado a seguir o seu desenvolvimento.

3.3.2.4. Desenvolvimento do protocolo de pesquisa

De acordo com Yin (2010), um protocolo é uma das táticas principais para elevar a confiabilidade de uma investigação de estudo de caso. Um protocolo deve possuir algumas partes importantes básicas a fim de garantir uma confiabilidade adequada, são elas: o contexto, a parte a ser estudada e as variáveis de controle (SOUZA, 2005). Um protocolo específico para esta coleta de dados por meio do questionário desenvolvido foi adicionado ao processo investigatório. Para obter dados com um grau de confiança satisfatório, foi realizado um Protocolo de Estudo de Caso, para condução das entrevistas e coleta de dados.

A entrevista é um meio de obtenção de dados utilizada com frequência em estudos de caso (SEURING, 2008). Segundo Fraser e Gondim (2004), uma vantagem existente na entrevista é o fato da relação intersubjetiva entre entrevistado e entrevistador permitir uma maior compreensão da opinião exposta, da situação em si e da vivência pessoal sobre o tema. Sendo uma relação estreita entre os fornecedores terceiros e os setores internos da empresa em estudo um ponto positivo para coleta de dados, e dada a vantagem citada pela coleta de dados através de entrevistas, este trabalho segue um padrão de protocolo de coleta de dados baseado no modelo proposto por Guerra (2010).

Conforme Guerra (2010), algumas etapas são importantes para desenvolvimento correto de um protocolo de pesquisa, são elas:

- a. Dados sobre o entrevistado e a entrevista (para controle do pesquisador);
- b. Dados sobre a pesquisa (a serem explicitados ao entrevistado);
- c. Orientações gerais ao pesquisador;

- d. Observações gerais ao entrevistado sobre a entrevista;
- e. Definição dos termos utilizados nos questionários;
- f. Questionários;
- g. Finalização da entrevista;
- h. Planilha de despesas;
- i. Termos de compromisso.

Os dados referentes aos nomes das empresas e aos nomes dos contatos que foram entrevistados não serão divulgados por motivos de privacidade solicitado por alguns entrevistados.

De acordo com Fraser e Gondim (2004), existem 2 modos de entrevistas. Um deles é in loco, e o outro é mediado por meio de contato telefônico ou questionário eletrônico. Para este trabalho, os entrevistados foram identificados, contatados e foi apresentado o propósito prévio da investigação via contato direto. O próximo passo foi o envio do questionário via correio eletrônico para pré-avaliação do entrevistado. Após um período de aproximadamente 2 dias foi realizado um novo contato para verificar se o entrevistado estava à vontade para responder e debater as questões e se o mesmo já estava em posse dos dados solicitados para concluir a entrevista. Portanto, esta entrevista trata-se de uma entrevista mediada (FRASER;GONDIM,2004).

Ainda segundo Fraser e Gondim (2004), uma pesquisa pode ser qualificada como estruturada, semiestruturada ou não estruturada. Se diferem apenas pela rigidez com o qual as repostas serão solicitadas, sendo que numa entrevista estruturada o entrevistador não tem opção de colocar sua posição e abrir algo a mais no assunto. Já no caso não estruturado, o entrevistado apenas discorre sobre o assunto, podendo ter a liberdade de abrir novos caminhos. O que é utilizado neste trabalho se trata de uma entrevista semiestruturada, ao qual o entrevistado é conduzido por meio de um conjunto de perguntas elaboradas pelo entrevistador. Porém, se aproxima de uma conversa informal, podendo ou não abrir mais detalhes conforme o decorrer do questionário.

Quanto ao número de entrevistas, este trabalho se limitará a entrevistar somente as partes ligadas aos processos produtivos em estudo. Um total de 6 entrevistas foram efetuadas, incluindo a entrevista com o gerente de produção da empresa em estudo. Para Fraser e Gondim (2004), não interessa o número de entrevistas, mas sim, a qualidade dos entrevistados em contribuir com conteúdo

significativo para o entendimento da pesquisa. O protocolo de pesquisa completo utilizado neste estudo, contendo perguntas e respostas de cada participante do processo estão dispostos no Anexo 1 ao final do trabalho.

3.3.3. Condução do teste-piloto e validação dos dados.

Segundo Miguel (2007), o teste piloto não se trata de uma prática comum em estudo de caso, mas é de importância significativa realizar um teste piloto antes de aplicar um procedimento de coleta de dados. A partir de um teste piloto é possível analisar a qualidade das respostas obtidas, e assim efetuar correções para que seja atingido o objetivo desejado (MIGUEL, 2007). No estudo de caso realizado neste trabalho, o teste piloto foi realizado com a aplicação do questionário ao responsável pelo setor interno utilizado no processo da empresa em estudo. Foi realizada a verificação das informações a partir do preenchimento completo dos dados desejados em cada uma das caixas de dados do MFV (Mapa de Fluxo de Valor) atual e futuro.

As informações que foram inseridas em cada uma das caixas de dados do MFV atual e MFV futuro são as seguintes:

- MRMP = Massa removida ou perda de matéria prima (Kg);
- NPMP = Número de *pressets* de máquina total do processo (valor unitário);
- NPPFP = Número de *pressets* de ferramenta total do processo (valor unitário);
- TP = Tempo efetivo em processamento (horas);
- TE = Tempo em espera total no processo (horas);
- DPPP = Distância percorrida pelo produto nas empresas (metros);
- TPP = Tempo gasto com processos paralelos/adicionais (horas);
- CPP = Custo com o processo paralelo (R\$);
- AEMPP = Área destinada a estoques de matéria prima do produto (m²);
- VIMP = Valor imobilizado com matéria prima destinada ao produto (R\$);
- AEFPP = Área destinada a estoque de ferramentas utilizadas no processo (m²);
- VIFPP = Valor imobilizado com ferramentas utilizadas no processo (R\$);

- VCTP = Custo do processo (R\$);
- VTMI = Valor total de maquinário imobilizado utilizado no processo (R\$);
- AMP = Área ocupada pelo maquinário utilizado no processo (m²);
- NFP = Número de funcionários que passam pelo processo (valor unitário).

O número de funcionários envolvidos no processo produtivo foi representado pelo símbolo padrão utilizado em mapas de fluxo de valor.

Tendo estas questões sendo respondidas e suas repostas simplificadas a ponto de serem reduzidas a numerais, o protocolo de obtenção de dados foi aprovado e aplicado no restante dos fornecedores e setores internos do processo produtivo total.

Para Womack e Jones (1998), o diagrama de espaguete serve para ilustrar o desperdício com movimentos de funcionários e produtos. O deslocamento de funcionários e produtos devem ser ilustrados dentro do *layout* de trabalho, a fim de demonstrar o trajeto percorrido (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003). Para efeito ilustrativo e analisar o impacto causado pelo uso da MA no deslocamento do processo, foi considerado como *layout* de trabalho as localizações geográficas de cada fornecedor e da empresa em estudo. Para localização e cálculo de distâncias foi utilizado os endereços inseridos no protocolo de investigação fornecido pelos entrevistados. A distância foi representada e calculada por meio do aplicativo da *web*, “Google Maps”.

3.3.4. Coletar os dados

De acordo com Miguel (2007), a coleta de dados deve ser realizada e os contatos devem estar cientes que fazem parte de uma pesquisa. Existem pontos como a conveniência, acesso a dados e localização que podem influenciar no critério para escolha do estudo de caso (YIN, 2001). Levando-se em consideração estas afirmativas, os contatos para entrevista receberam um breve esclarecimento sobre o propósito do estudo e foi enviado via email o protocolo desenvolvido para conhecimento e início da coleta dos dados solicitados. Os entrevistados selecionados são aqueles que fazem parte da cadeia produtiva atual da empresa e o fornecedor de MA que fez parte do MFV futuro. Os contatos utilizados para coleta de dados devem deter poder de autorizar a pesquisa em seu local de trabalho, indicar

possíveis informantes no processo, abrir portas e resolver impasses caso aconteçam (MIGUEL, 2007). Por este motivo, todos os contatos selecionados para responder as perguntas são do nível gerencial do processo.

De acordo com Yin (2001), o entrevistador deve possuir a capacidade de fazer perguntas precisas e interpretar as respostas dos entrevistados, ser bom ouvinte, ter conhecimento sobre o assunto, compreender possíveis evidências contraditórias e ser flexível a situações imprevistas. É de extrema importância que o entrevistado e o entrevistador não influenciem de maneira pessoal no processo de estudo, isto pode ocorrer por ingenuidade ou por tendências a discordar de uma posição (SOUZA, 2005). Desde modo, os dados obtidos foram recebidos de forma escrita e após analisados foram discutidos com o entrevistado a fim de esclarecer qualquer dúvida e identificar possíveis influências externas.

A sequência para coleta de dados foi dada da seguinte forma:

- a. Identificar e localizar o contato;
- b. Apresentar a proposta de estudo via contato telefônico, apresentando previamente as questões do protocolo e confirmando que este contato possui capacidade de respondê-las de forma precisa;
- c. Enviar por correio eletrônico o protocolo para coleta de dados;
- d. Aguardar período médio de 48 horas para que o entrevistado reúna as informações solicitadas no questionário;
- e. Realizar novo contato telefônico checando se o entrevistado tem condições de iniciar o questionário propriamente dito;
- f. Realizar as entrevistas;
- g. Analisar e interpretar os dados obtidos e entrar em contato direto com o entrevistado para discutir e esclarecer os resultados apresentados caso ocorra alguma dúvida;
- h. Tratar as respostas obtidas, interpretando e convergindo-as à numerais para o estudo de caso;
- i. Alocar os dados finais obtidos nas caixas de dados existentes no MFV atual e futuro, bem como nos diagramas de espagete atual e futuro.

Segundo Rother e Shook (2003), em um MFV, a caixa de dados serve para registrar os dados relativos a um processo. A caixa de dados foi preenchida pelos dados provenientes do questionário e seguirá o modelo proposto na Figura 14:

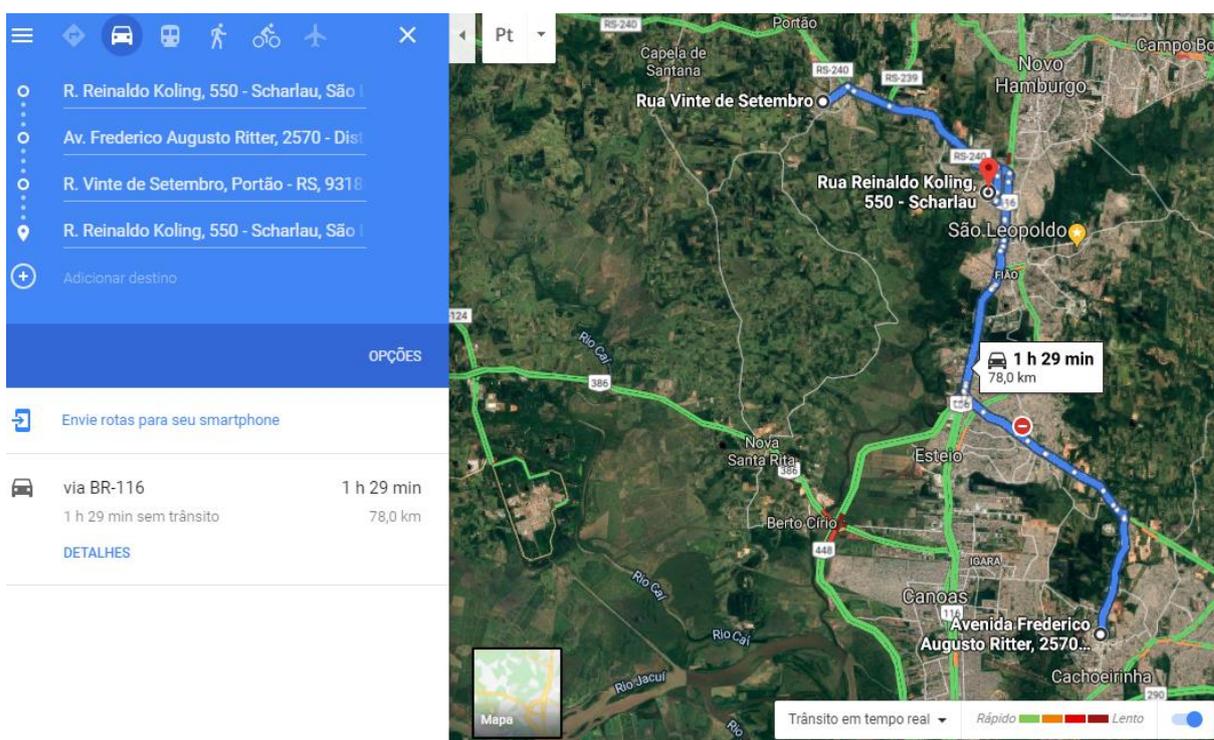
Figura 14 – Modelo de caixa de dados MFV atual e futuro

DADO	Unidade de medição
MRMP	Kg
NPMP	Unitário
NPFP	Unitário
TP	Horas
TE	Horas
DPPP	Metros
TPP	Horas
CPP	R\$
AEMPP	Metros quadrados
VIMP	R\$
AEFP	Metros quadrados
VIFP	R\$
VCTP	R\$
VTMI	R\$
AMP	Metros quadrados
NFP	Unitário

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Os dados do processo produtivo referentes ao deslocamento do produto entre os fornecedores, foram obtidos de acordo com a localização geográfica de cada setor ou fornecedor e seu percurso foi calculado via programa de mapas *online* “*Google Maps*”. A Figura 15 representa um modelo de cálculo de deslocamento com a inserção de endereços conforme foi utilizado no estudo de caso.

Figura 15 – Exemplo deslocamento total calculado via Google Maps



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)¹.

A localização e o deslocamento do produto foram calculados através dos endereços inseridos pelos entrevistados no protocolo de investigação.

3.3.5. Analisar os dados

A análise de dados tem por objetivo agrupar os dados obtidos na coleta de modo a permitir um estudo aprofundado do pesquisador, proporcionando uma etapa de direcionamento ao objetivo proposto pelo trabalho, e que influenciarão de forma direta na pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES Jr. 2015). Conforme Vergara (2005), o pesquisador deve encontrar um método que permita tratar os dados obtidos de modo a suportar seu estudo e o objetivo inicial que o levou a realizar esta pesquisa. Para análise relacionada ao objetivo principal do trabalho, foi desenvolvido um mapeamento dos dados obtidos, tabelamento de valores comparativos, e expressão gráfica de movimentos envolvidos em ambos os processos produtivos.

¹ Acesso em 16/04/2019 - <https://www.google.com.br/maps/search/>

Conforme Rother e Shook (2003), o MFV possibilita a visualização dos processos produtivos de uma cadeia como um todo e auxilia a identificar os desperdícios. Os sete principais desperdícios em função de um processo ou em função de uma operação identificadas pela Toyota são a superprodução, espera, transporte, super processamento, estoque, movimentos e defeitos (LIKER; MEIER, 2007). Sendo assim, um MFV atual e um MFV futuro foram construídos a fim de visualizar de forma clara o objetivo do presente trabalho, que é o estudo do impacto do uso da MA na construção de um molde para microfusão utilizando as 7 perdas do Lean Manufacturing como referência.

Para análise do impacto causado pelo uso da MA no processo produtivo, foram utilizados os dados apresentados nas caixas de dados dos MFV atual e futuro. Foram somados entre si a fim de emitir um valor total de cada um dos componentes da caixa de dados do MFV conforme ilustrado no Quadro 7:

Quadro 7 - Modelo somatório dados MFV

SOMATÓRIO DADOS MAPEAMENTO FLUXO VALOR								
FC1		FC2		FC...X		MM		TOTAL
MRMP	+	MRMP	+	MRMP	+	MRMP	=	MRMP
NPMP	+	NPMP	+	NPMP	+	NPMP	=	NPMP
NPFP	+	NPFP	+	NPFP	+	NPFP	=	NPFP
TP	+	TP	+	TP	+	TP	=	TP
TE	+	TE	+	TE	+	TE	=	TE
DPPP	+	DPPP	+	DPPP	+	DPPP	=	DPPP
TPP	+	TPP	+	TPP	+	TPP	=	TPP
CPP	+	CPP	+	CPP	+	CPP	=	CPP
AEMPP	+	AEMPP	+	AEMPP	+	AEMPP	=	AEMPP
VIMP	+	VIMP	+	VIMP	+	VIMP	=	VIMP
AEFP	+	AEFP	+	AEFP	+	AEFP	=	AEFP
VIFP	+	VIFP	+	VIFP	+	VIFP	=	VIFP
VCTP	+	VCTP	+	VCTP	+	VCTP	=	VCTP
VTMI	+	VTMI	+	VTMI	+	VTMI	=	VTMI
AMP	+	AMP	+	AMP	+	AMP	=	AMP
NFP	+	NFP	+	NFP	+	NFP	=	NFP

Fonte: Elaborado pelo autor.

O movimento de funcionários e produtos devem ser ilustrados dentro de um *layout* de trabalho, com o propósito de visualizar o trajeto transcorrido pelo processo

em estudo (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003). Utilizando-se desta afirmativa e considerando o sistema produtivo da empresa em estudo, que adota fornecedores terceirizados como parte integrante do sistema fabril, foi considerado apenas o deslocamento entre os fornecedores e a empresa em estudo para construção do diagrama de espaguete. Para análise de deslocamento e desenho do diagrama de espaguete, foi utilizado a ordem de movimentos representada pelo MFV ao qual está sendo realizado o estudo, respeitando a sequência produtiva adotada pela empresa.

Para análise de impactos no sistema produtivo na perspectiva do *Lean Manufacturing* foram agrupados os valores totais do somatório. Os dados foram agrupados respeitando as proposições indicadas no questionário efetuado. Cada uma das 7 perdas foi analisada separadamente, comparando os dados obtidos pelo processo atual e o processo futuro. No Quadro 8, segue uma relação entre as 7 perdas da LM, e as ferramentas utilizadas para verificação do impacto.

Quadro 8 - Análise de dados individual

Perdas por:	Ferramenta utilizada para investigação	
	Mapa Fluxo Valor	Diagrama Espaguete
Super Produção	X	
Espera	X	
Transporte	X	X
Processamento	X	
Estoque	X	
Movimentação	X	X
Defeito	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Liker & Meier (2007), a produção antecipada de produtos, ou a produção de itens em maior quantidade do que a necessidade do cliente ou do processo, é a mais grave das perdas da *Lean Manufacturing*. A partir desta afirmação, foi realizado uma análise específica entre os dados de MRMP e VCTP para avaliar o impacto na perda por superprodução.

Todo *setup* de máquina, parada por quebra, aguardo por matéria prima ou falta de sincronismo de produção são considerados perdas por espera (ANTUNES JÚNIOR; KLIPPEL, 2002; DEON, 2001). De acordo com Tubino 2007, esta é a perda mais clássica e comum existente nos processos fabris, e sua eliminação gera

impactos positivos quanto aos ganhos para empresas. Para análise desta perda por espera foram agrupados os dados relativos a NPMP, NPFP, TP, TE e *Lead Time*.

Segundo Liker & Meier (2007), a movimentação entre máquinas, e a movimentação para retirada ou armazenamento de produtos em estoque também é considerado perda por transporte. Para estudar a perda por transporte, foi utilizado os dados obtidos pelo diagrama de espaguete, e foi utilizado apenas o movimento efetuado pelo produto. Os dados relativos a este estudo correspondem aos endereços obtidos pelo protocolo acompanhando a movimentação indicada pelo MFV atual e futuro o DPPP (distância percorrida pelo produto nas empresas).

Na Manufatura Subtrativa, o material é removido e em algumas soluções de usinagem apresentam a necessidade do uso de mais de um processo de fabricação para atingir o produto final (VOLPATO, 2007). No estudo de impacto da perda por processamento, foram analisados e comparados os dados MRMP, NPMP, TPP, CPP e TP.

De acordo com Tubino (2007), a perda por estoque é uma consequência direta da perda por superprodução. O Sistema Toyota de Produção utiliza a perda por estoque como a origem dos problemas como um todo, gerando falta de informações, dificuldade em gerir a manutenção e o armazenamento (SHINGO, 1996). Para estudo de impacto entre o MFV atual e futuro, relacionando a perda por estoque foram analisados os dados de AEMPP, VIMP, AEFP e VIFP. Desta forma, 2 tipos de estoques relacionados diretamente ao processo foram estudados, estoques de matéria prima e estoques necessários de ferramentas para o processamento em si. Estoque gera imobilização de capital desnecessário, ocupa espaço físico sem gerar lucros e gera gastos para o gerenciamento e manutenção do mesmo (TUBINO,2007; SHINGO,1996). Ampliando o horizonte de valor imobilizado presente no processo, também foi considerado, para modo comparativo, os dados relativos a maquinários imobilizados envolvidos, representados por VTMI e AMP.

Para Liker & Meier (2007), a perda por movimento está ligada diretamente aos movimentos realizados por funcionários e colaboradores que não apresentam acréscimo de valor ao produto. Para estudo da perda por movimento, foi considerado os movimentos realizados por funcionários dentro do processo, isto é dentro da empresa e dentro dos fornecedores, e também o deslocamento total realizado pelo motorista da empresa que transporta as peças através dos fornecedores da cadeia de produção. Para este estudo foram utilizados os dados

referentes aos endereços inseridos no protocolo, foi respeitado o sequenciamento de transporte conforme MFV atual e futuro. Foi efetuado uma relação entre o TE (tempo de espera total) e o tempo gasto com movimentações provenientes dos diagramas de espaguete construídos.

Para Tubino (2007), esta perda por defeito pode ocorrer devido a procedimentos incorretos, máquinas com manutenção ineficiente, equipamentos desregulados e lotes econômicos muito grandes. Segundo D'Aveni (2015), um processo de Manufatura Aditiva, permite a redução do número de equipamentos, movimentos, transportes, *pressets*, montagens, etc, necessários para confecção de um produto. Esta redução de exposição do produto a mudanças no processo, conseqüentemente causa uma redução na quantidade de possíveis erros. Para este estudo de impacto foi levado em consideração os dados relativos a NPMP, NPFP, NFP. Também foram considerados os dados relativos a quantidade de movimentos realizados pelos produtos e pelos funcionários. Estes últimos dados foram retirados da análise dos diagramas de espaguete.

Após a definição dos procedimentos metodológicos adotados, no próximo capítulo será apresentado a aplicação do estudo.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA E ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados uma breve contextualização da empresa utilizada no estudo de caso, bem como sua posição perante o mercado e a importância da velocidade de resposta perante seus clientes e concorrentes.

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

A Empresa “MM” atua no mercado metal mecânico desde o início dos anos 2000. Situa-se no município de São Leopoldo, e faz parte de um grupo de empresas que possuem extensões fabris nas cidades de Curitiba, São Paulo, Salvador e Belo Horizonte. Desde seu surgimento passou por uma transformação dinâmica ao que diz respeito ao seu ramo de atuação. Atuou inicialmente no segmento têxtil, em especial no fornecimento de peças de reposição para indústria de rafia nacional. Com a evolução do mercado, e a entrada de novos fornecedores internacionais neste segmento, percebeu a necessidade de inovar e explorar novos segmentos. Atualmente desenvolve peças, equipamentos e serviços nos mais variados setores, como têxtil, petroquímico e agrícola.

Na sede de São Leopoldo, onde foi efetuado o estudo de caso deste trabalho, a empresa conta com uma estrutura enxuta, se atendo a executar na empresa apenas seus produtos principais. Atualmente a empresa conta com 7 funcionários, possui uma área construída de aproximadamente 300 metros quadrados. Dentro de sua estrutura encontram-se à disposição 01 centro de usinagem, 01 torno cnc, 01 torno mecânico, 01 fresadora ferramenteira, 01 rosqueadeira de bancada, equipamentos de solda Mig e Tig, 01 prensa hidráulica, 03 furadeiras de bancada.

Devido a seu quadro enxuto de colaboradores e sua reduzida capacidade produtiva, a “MM” tem a necessidade de executar grande parte de seus serviços em fornecedores terceirizados. Estes serviços são mais precisamente relacionados a usinagem, injeção de plásticos, microfusão, eletro-erosão, compactação de borrachas, compactação de baquelites, cortes a laser, estamparia, etc. Para alguns destes processos existe a necessidade de confecção de moldes, como é o caso da injeção de plásticos, estamparia, compactação de borrachas e baquelites e também para o processo de microfusão. Todos estes moldes são desenvolvidos e produzidos pela “MM”, e existe uma necessidade em desenvolver maior velocidade no

desenvolvimento de moldes, bem como reduzir o seu custo de produção, em especial nos moldes para microfusão.

Peças utilizadas para guias de fios no processo têxtil estão entre os produtos fabricados pela “MM”. Essas peças chamadas de “guia-fio” são produzidas em material especial com alta dureza através do processo de microfusão e desenvolvidas de acordo com a necessidade de cada cliente. Este tratamento especial às necessidades de cada cliente gera a necessidade de produção de lotes menores de peças microfundidas, requer maior velocidade em apresentar produtos diferenciados e necessita redução de custos no desenvolvimento de moldes para a empresa. O processo de Manufatura Aditiva se apresenta como uma opção para melhoria deste processo.

Segundo D’Aveni (2015), uma empresa pode começar a se desenvolver utilizando o processo da Manufatura Aditiva substituindo um produto de sua linha, e evoluindo gradativamente com o mesmo movimento em outros produtos. Analisando esta possibilidade, a Empresa utilizada neste trabalho, deseja avaliar o uso desta nova tecnologia para aplicar em parte do seu processo de produção de moldes de microfusão, fazendo uma avaliação em relação ao processo atual, e uma análise para investimento em processos futuros.

4.2. TESTE PILOTO PARA COLETA DE DADOS

O teste piloto para coleta de dados ocorreu através de aplicação do questionário de pesquisa ao responsável pelo setor de produção da empresa em estudo conforme descrito no planejamento. Antes de ser realizado a entrevista foi explicitado ao entrevistado qual seria o intuito da pesquisa, qual a sua função no contexto e qual os resultados almejados pelo questionário.

Posteriormente foi relatado um breve embasamento teórico sobre alguns temas pertinentes ao questionário, a fim de preparar o entrevistado e conduzi-lo de maneira mais precisa aos resultados desejados pelas perguntas. Basicamente os temas repassados foram:

- a) O que é Lean Manufacturing;
- b) Quais são as 7 perdas no processo produtivo;
- c) A diferença entre Manufatura Subtrativa e Manufatura Aditiva.

Com este breve embasamento teórico e em poder do protocolo a ser respondido, o entrevistado se sentiu confortável em dar andamento à investigação após coletar algumas informações no sistema da empresa que são pertinentes ao questionário. As perguntas foram respondidas com auxílio dos dados obtidos do sistema gerencial e produtivo da empresa pelo entrevistado. Algumas questões demandaram tempo para obter o resultado desejado, uma vez que nem todos os dados estavam claramente expostos pelo sistema utilizado pela empresa e tiveram que ser desenvolvidos pelo entrevistado com base nos requisitos solicitados pela pesquisa. Um exemplo é o dimensional que o maquinário ocupa, bem como a área destinada ao estoque de ferramental utilizado. Estes itens tiveram que ser realizados com auxílio de uma trena métrica. Outro item que não estava claro seria o valor atual do maquinário utilizado, o que ocasionou uma breve pesquisa de mercado para averiguar o valor aproximado de um equipamento com as mesmas características funcionais.

Todos os dados desejados pelo entrevistador foram alcançados pelo sistema de entrevista adotado pelo protocolo desenvolvido. A entrevista teve que ser retomada após alguns dados ligados ao estudo não estarem claramente disponíveis ao entrevistado. Um deles foi o valor de material a ser removido, que teve seu cálculo obtido por meio de auxílio de computador e um programa apropriado, nesse caso foi utilizado o *software* SolidWorks. A interação dinâmica entre entrevistado e entrevistador foi de suma importância para eliminar quaisquer indícios de irregularidades ou ruídos que pudessem interferir na coleta de dados. O processo realizado pela empresa em estudo e que contempla as respostas apresentadas no Quadro 9, são referentes ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem. Os dados foram coletados por meio de histórico referente a última peça semelhante usinada no setor.

Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (continua)

PERGUNTAS	RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS	RESPOSTAS INTERPRETADAS, TRATADAS E REDUZIDAS
Qual a quantidade de perda da matéria prima para atingir as medidas e formas solicitadas no processo? (em mm ³ , peso ou afins).	Neste processo, levando em consideração que a peça vem esquadrejada do fornecedor anterior, são realizados os furos, cavidades em si e os raios de encaixe externo. Levando em consideração o material Alumínio 5052 utilizado como padrão para este tipo de peça. Na cavidade inferior a massa removida foi de aproximadamente 32 gramas na cavidade superior a massa removida foi de aproximadamente 312 gramas.	0,344 Kg
Por quantos <i>pressets</i> de máquinas o produto passou dentro deste processo até atingir as dimensões ou formas solicitadas? Quantos funcionários tem contato direto com o processo produtivo?	Para usinagem das cavidades cada peça é fixada uma única vez no centro de usinagem. O processo passa apenas pelo programador e operador do centro de usinagem.	2x/1funcionário
Quantos <i>pressets</i> de ferramentas foram necessários para realizar o processo completo e atingir as dimensões ou formas solicitadas?	Na cavidade superior foram utilizadas 1 ferramenta de desbaste e 2 de acabamento. Na cavidade inferior foram utilizadas 1 ferramenta de desbaste e 3 de acabamento.	7x
Qual o tempo efetivo de realização do(s) processo(s) e por quanto tempo o produto esteve parado, em espera, incluindo o tempo de <i>presset</i> de máquinas e ferramentas? (considerar o tempo total de permanência do produto, desde a sua chegada ao setor/fornecedor até a sua saída).	Até entrar em processo realmente, o produto precisa aguardar um "encaixe" no processo produtivo, em média é de um dia para o outro, mas depende da urgência imposta pela direção. Já quando entra em processo é rápido, entre <i>pressets</i> de máquinas e ferramentas o tempo consumido é de aproximadamente 20 minutos por peça. E o tempo de usinagem para peças deste porte e desenho em média é de no máximo 2 horas por cavidade. Em geral, os blocos esquadrejados chegam e em menos de 48 horas já estão prontos, sendo encaminhados para o próximo processo.	Processo em si: 4,66 horas e tempo parado total 43,33 horas.

Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (continua)

PERGUNTAS	RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS	RESPOSTAS INTERPRETADAS, TRATADAS E REDUZIDAS
Qual a distância total percorrida pelo produto ou matéria prima do produto, dentro do setor/fornecedor desde a sua chegada até a sua saída, com o intuito de atingir as dimensões ou formas solicitadas? Responder em metros ou similar.	A empresa é pequena, o percurso do balcão de recebimento até o centro de usinagem é de aproximadamente 6 metros, cada peça é deslocada até lá e depois segue para o balcão de retirada, onde são os mesmos 6 metros.	12 metros
Existe algum processo paralelo, com ou sem o uso de outras matérias primas, ou uso de recursos que não sejam as do produto em processo, e que seja necessário realizar a fim de atingir o dimensional ou forma solicitada no setor/fornecedor? Considerar período de verificação desde a entrada do produto no setor/fornecedor até a sua saída.	Não existe processo que necessite matéria prima, mas a programação necessária para realizar a usinagem no centro de usinagem demanda tempo e estratégia envolvendo as ferramentas que temos disponíveis. Este processo para peças deste modelo já são padrões e repetitivas, o tempo médio para gerar a programação completa é de no máximo 1 hora por cavidade. Este processo é realizado enquanto a peça aguarda "vaga" para entrar em produção.	SIM
Caso exista um processo paralelo, qual custo deste processo? Quais recursos ele utiliza para ser efetuado?	O custo hora do centro de usinagem é de aproximadamente 100 reais a hora, e a programação apenas depende de um funcionário, computador e programa que ele trabalha. De acordo com as informações obtidas pela diretoria, pode-se dizer que este custo de programação gira em torno de 25% do custo total do centro de usinagem.	R\$50
Caso exista um processo paralelo, qual tempo gasto para realizá-lo?	Uma hora por cavidade.	2 horas
Se houver fornecimento de matéria prima no processo pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o dimensional existente (em metros quadrados) para estocar a linha de matéria prima utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?	Não existe fornecimento de MP nesse processo.	0

Quadro 9 - Resultado questionário teste-piloto referente ao processo de usinagem das cavidades em centro de usinagem (conclusão)

PERGUNTAS	RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS	RESPOSTAS INTERPRETADAS, TRATADAS E REDUZIDAS
Se houver fornecimento de matéria prima pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o valor imobilizado (em R\$) de estoque de matéria prima referente a linha utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?	Não tem.	0
Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o tamanho da área (em metros quadrados) destinada a estocar as ferramentas utilizadas no processo em estudo?	Para armazenar o ferramental utilizado para usinagem no centro de usinagem é utilizado um armário de 0,8x0,25metros e uma prateleira de 0,5x1 metro.	0,7m ²
Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o valor (em R\$) imobilizado em ferramentas que foram utilizadas no processo para atingir o dimensional ou forma solicitada no processo?	As ferramentas utilizadas no processo e que estão em estoque para este tipo de situação são 1 ferramenta pastilheira de 2 cortes diâmetro 25mm marca Lâmina, suporte valor de R\$250,00, o valor das pastilhas de código RDMW1204 é de R\$32,00 cada. O restante do processo seria realizado com ferramentas de metalduro inteiriço com diâmetros de 10mm, 4mm, 2mm e 1mm. Estas ferramentas somam um valor total de R\$342,00.	R\$ 656,00
Qual o Valor do custo total do processo? (R\$)	O Valor do custo total do processo que é utilizado nos cálculos de composição financeira da empresa é apenas o projetado pela usinagem em centro de usinagem. Neste caso soma-se os tempos de <i>presset</i> ao tempo estimado de usinagem, e o valor é multiplicado pelo valor hora da máquina em questão. Total de R\$466,00 neste caso.	R\$ 466,00
Qual valor aproximado do maquinário imobilizado para realização dos processos envolvidos na etapa? (R\$) E qual a área ocupada (em m ²) pelos equipamentos utilizados no processo?	Neste processo é utilizado um centro de usinagem Travis M1500, um computador desktop. Total aproximado de R\$142.000,00 O centro de usinagem possui um dimensional externo de 2,5 metros de largura e um comprimento de 5metros. O computador ocupa uma mesa de escritório simples de aproximadamente 0,6x1,2m.	R\$142.000,00 e área de 13,22m ²

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir serão apresentados os processos para coleta de dados.

4.3. COLETA DE DADOS

A construção do MFV atual foi realizada baseando-se no mapeamento do processo subtrativo atual. Este mapeamento foi construído a partir dos processos de fabricação de moldes similares ao processo em estudo. Foi seguido a ordem fabril histórica e utilizado os mesmos fornecedores padrões para o processo em análise utilizados em cavidades similares, tanto em dimensional como em geometria e material.

Para formação do MFV relativo ao processo futuro, foi idealizado utilizando-se do processo de Manufatura Aditiva como diferencial produtivo. O mapeamento levou em consideração o embasamento teórico sobre o processo aditivo, considerando suas capacidades produtivas dimensionais e resistência mecânica. Outro elemento utilizado como base para moldar o MFV futuro foi a tolerância dimensional admitida pelo fornecedor do processo de MA, ficando próximas das tolerâncias utilizadas no processo atual subtrativo, sem causar influência no produto final obtido pelo molde. O fornecedor do processo de MA foi escolhido tendo em base sua proximidade geográfica, sua capacidade produtiva, pelo histórico de fornecimento de peças como protótipos de demonstração, e com sua capacidade e disponibilidade em fornecer todos os dados solicitados pelo estudo.

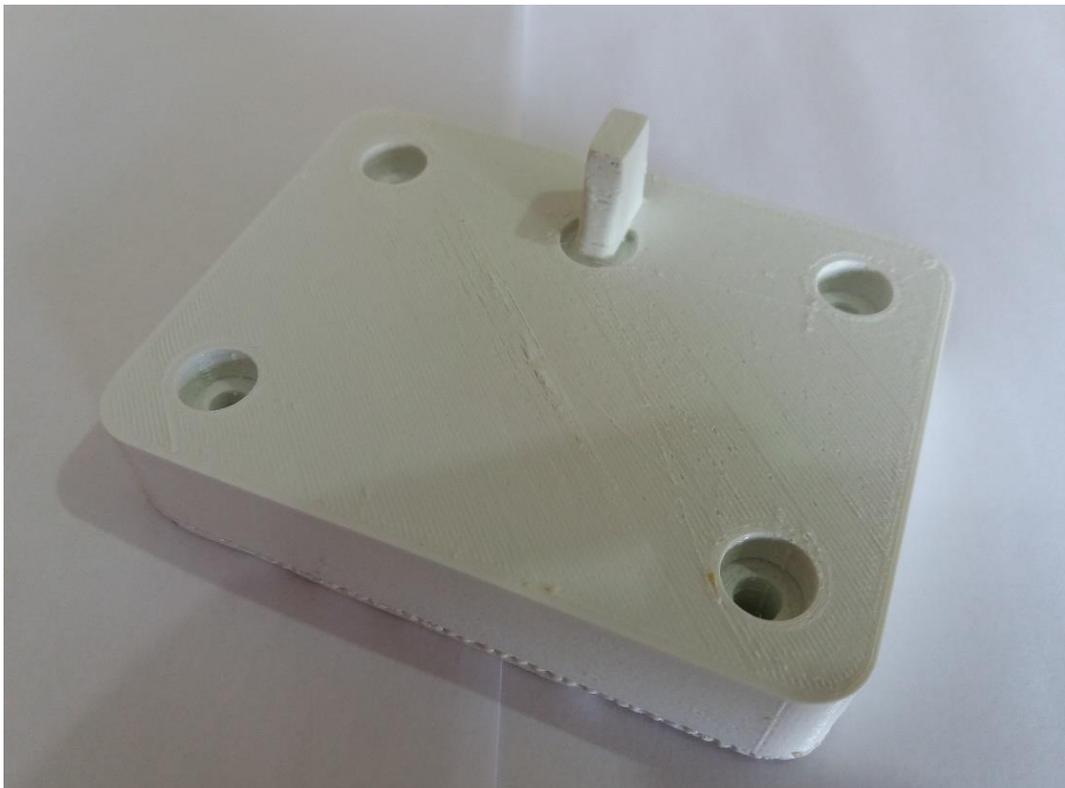
Foi realizado todo o processo do MFV futuro, incluindo a MA das cavidades em estudo, conforme mostram as Figuras 16 e 17. Após a impressão as cavidades foram submetidas ao processo de furação no fornecedor de fresamento convencional (FC2), na sequência foram enviadas ao polimento no fornecedor (FC4) para dar acabamento nas superfícies, e em seguida foram encaminhadas ao setor de montagem final, dentro da empresa em estudo. Segundo Yin (2001), quando o respondente tem a permissão de interpretar e participar do processo, ele passa a ser não apenas um respondente, mas um “informante-chave”, que são fundamentais para garantir o sucesso do estudo de caso. Desta forma, os dados que foram obtidos pelo processo produtivo futuro apresentam confiabilidade, tendo em vista que retirados de um processo que foi projetado, analisado e acompanhado pelos entrevistados.

Figura 16 – Cavidade inferior provida através de Manufatura Aditiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 17 – Cavidade superior provida através da Manufatura Aditiva



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Os dados detalhados referentes ao processo produtivo, tanto atual quanto futuro, foram obtidos através da aplicação de um questionário moldado a partir de um modelo de protocolo acadêmico padrão baseado em Guerra (2010). Os dados obtidos através do protocolo relativos ao MFV atual seguem no quadro 10. Estão separados por processo e fornecedor, e seguem a ordem de fabricação atual padrão adotada pela empresa em estudo.

Quadro 10 - Dados MFV estado atual

DADOS MAPA FLUXO VALOR ATUAL							
LOCAL	FC1	FC2	MM	FC3	FC4		
Processo	Fornecimento MP	Esquadrejamento e furações	Usinagem CNC das cavidades	Eletro erosão cantos vivos internos e detalhes profundos	Polimento das cavidades	Unidades	
CAIXA DE DADOS	MRMP	0,111	0,282	0,344	0,005	0,001	Kg
	NPMP	4	14	2	2	4	unitário
	NPFP	0	7	7	6	10	unitário
	TP	0,17	4	4,66	2	4,5	horas
	TE	23,83	20	43,33	46	43,5	horas
	DPPP	50	18	12	40	12	metros
	TPP	0	0	2	2	0	horas
	CPP	0	0	50	120	0	R\$
	AEMPP	200	0	0	0,4	0	m ²
	VIMP	25000	0	0	1000	0	R\$
	AEFP	13,5	0,75	0,7	1,4	2	m ²
	VIFP	497	244	656	291	46,5	R\$
	VCTP	33	90	466	250	180	R\$
	VTMI	30000	20000	142000	280000	700	R\$
	AMP	12	3	13,22	7	0,5	m ²
NFP	2	1	1	3	1	unitário	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados referentes ao processo produtivo com a inclusão da MA, que formam MFV futuro seguem descritos no Quadro 11. Estão separados por processo e fornecedor, e seguem a ordem de fabricação conforme planejado com base nas informações técnicas provenientes do embasamento teórico e do fornecedor de MA.

Quadro 11 - Dados MFV estado futuro.

DADOS MAPA FLUXO VALOR FUTURO					
LOCAL	FC5	FC2	FC4		
Processo	Manufatura Aditiva	Furações	Polimento das cavidades	Unidades	
CAIXA DE DADOS	MRMP	0,001	0,001	0,001	Kg
	NPMP	6	2	2	unitário
	NPFP	2	6	6	unitário
	TP	8	1	4,5	horas
	TE	16	23	43,5	horas
	DPPP	8	10	12	metros
	TPP	0,25	0	0	horas
	CPP	24	0	0	R\$
	AEMPP	1	0	0	m ²
	VIMP	700	0	0	R\$
	AEFP	0,5	2	2	m ²
	VIFP	35,34	100	4	R\$
	VCTP	120	45	180	R\$
	VTMI	12000	22500	0	R\$
	AMP	2	3	0	m ²
NFP	1	1	1	unitário	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As perguntas foram enviadas por correio eletrônico e mesmo com uma breve apresentação dinâmica sobre a intenção do trabalho, houve dificuldade em conseguir separar apenas os elementos que fazem parte do processo produtivo que represente relevância ao estudo. Mesmo com as perguntas em mãos antecipadamente, no momento da entrevista alguns entrevistados apresentaram dificuldade em visualizar apenas o que era pertinente ao processo solicitado. Segundo Yin (2010), o entrevistador deve ficar atento ao decorrer da entrevista, detalhes podem passar sem ser percebidos devido a memória do entrevistado, respostas com viés podem ser obtidas. Sendo assim, para compor algumas respostas de maneira mais completa, foi necessário percorrer juntamente com o entrevistado, todo o trajeto de fabricação do produto. Desta forma foi possível identificar se existiu algum elemento que pudesse contribuir na investigação e acabou sendo omitido pelo entrevistado sem a intenção de fazê-lo.

Para investigar de maneira eficiente e localizar todos os dados desejados, foi de suma importância a interação dinâmica que uma entrevista pôde oferecer como tática de coleta de dados. Em todos os casos, a entrevista teve que ser realizada em mais de uma etapa, devido a questionamentos e colocações complementares realizados pelos entrevistados e pelo entrevistador. Devido ao tempo, disponibilidade e tipo de informações, os dados foram obtidos em sua totalidade dentro de um período de 10 dias. Alguns entrevistados foram mais diretos nas respostas, outros necessitaram de esclarecimentos e solicitaram um tempo adicional para localizar os dados faltantes.

A maior dificuldade relatada pelos entrevistados foi encontrar os valores imobilizados relativos aos maquinários utilizados no processo. Estes valores quando não estavam nos registros da empresa, foram obtidos através de pesquisa de mercado realizada pelos próprios entrevistados. Foram localizados produtos à venda com semelhança funcional, dimensional e capacidade técnica compatível com os equipamentos em estudo, e estes valores foram utilizados como base para responder o questionamento feito através do protocolo.

Os dados relativos as localizações geográficas de cada componente do MFV foram coletadas com sucesso para realização do estudo relativo ao Diagrama de Espaguete. De acordo com Yin (2010), ocorrendo a necessidade de confidencialidade solicitada pelo entrevistado, é necessário prosseguir com a resposta de maneira que não exponha o conteúdo solicitado pelo entrevistado.

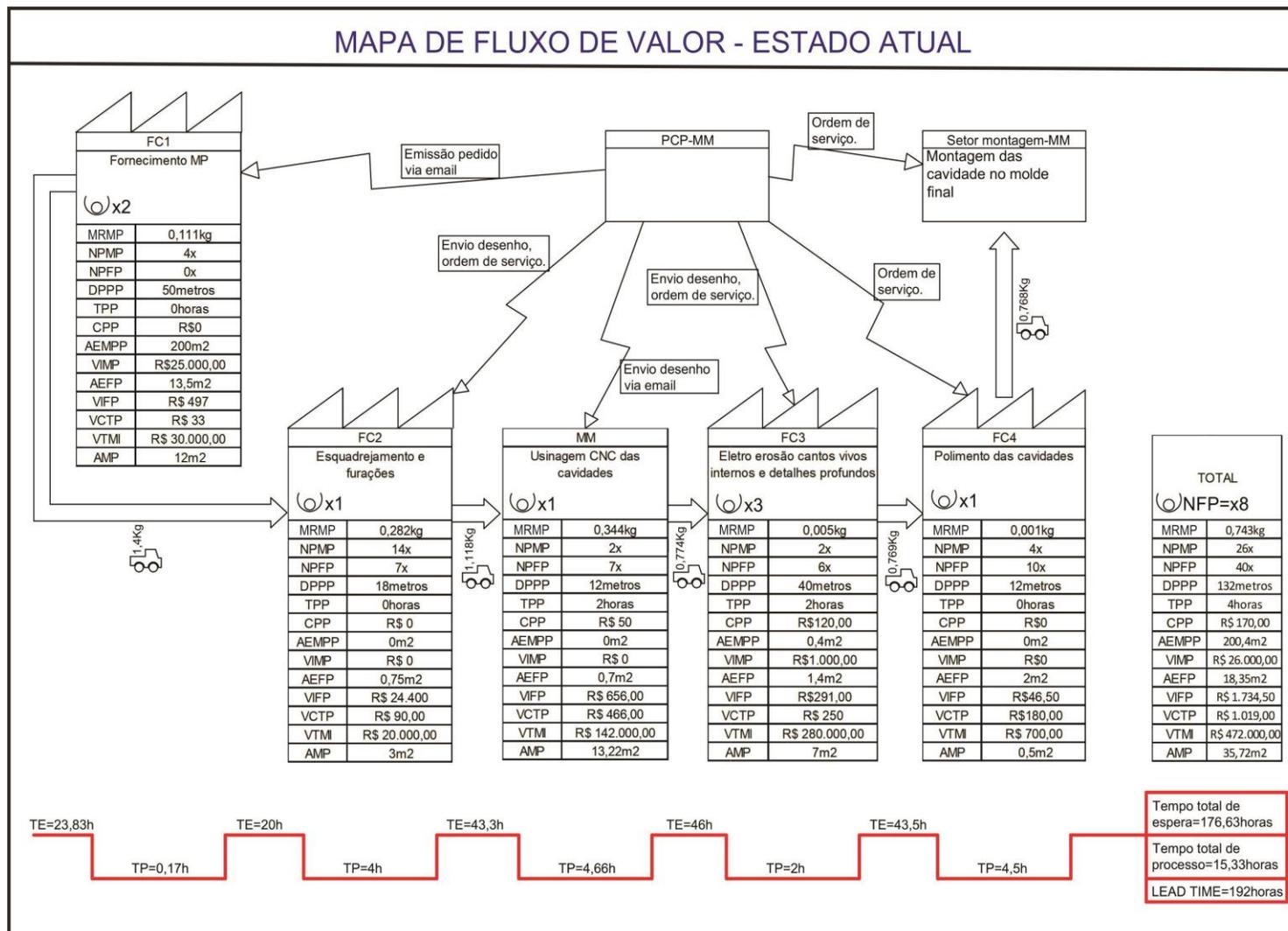
Desta forma, o endereço que foi utilizado para cálculo de transportes e movimentos não aparecerá de maneira direta no protocolo, apenas o nome da cidade foi citado. O endereço completo foi utilizado apenas para cálculo das distâncias percorridas pelos funcionários e pelo produto em processo, e não será divulgado no trabalho publicado.

A seguir, serão apresentados os MFV para melhor visualização dos processos atual e futuro. E na sequência os Diagramas de Espaguete ilustrando os transportes e movimentações de pessoas e produtos ao longo dos sistemas produtivos atual e futuro.

4.3.1. Mapa Fluxo de Valor Atual

O Mapa de Fluxo de Valor é desenhado em momentos distintos, com o objetivo de demonstrar as oportunidades que podem ser melhoradas, comparando estado atual, futuro e até mesmo um estado ideal em alguns casos (ARAÚJO, 2004). Segundo Shingo (2010), é necessário estar atento às novas tecnologias a fim de buscar incessantemente a melhoria do sistema produtivo, eliminando processos obsoletos, reduzindo constantemente o desperdício. Desta forma, o presente Mapa de Fluxo de Valor foi construído a fim de identificar o processo atual de fabricação de cavidades para moldes para microfusão. Na Figura 18, é possível verificar os números relativos ao processo em estudo.

Figura 18 - Mapa fluxo de valor atual



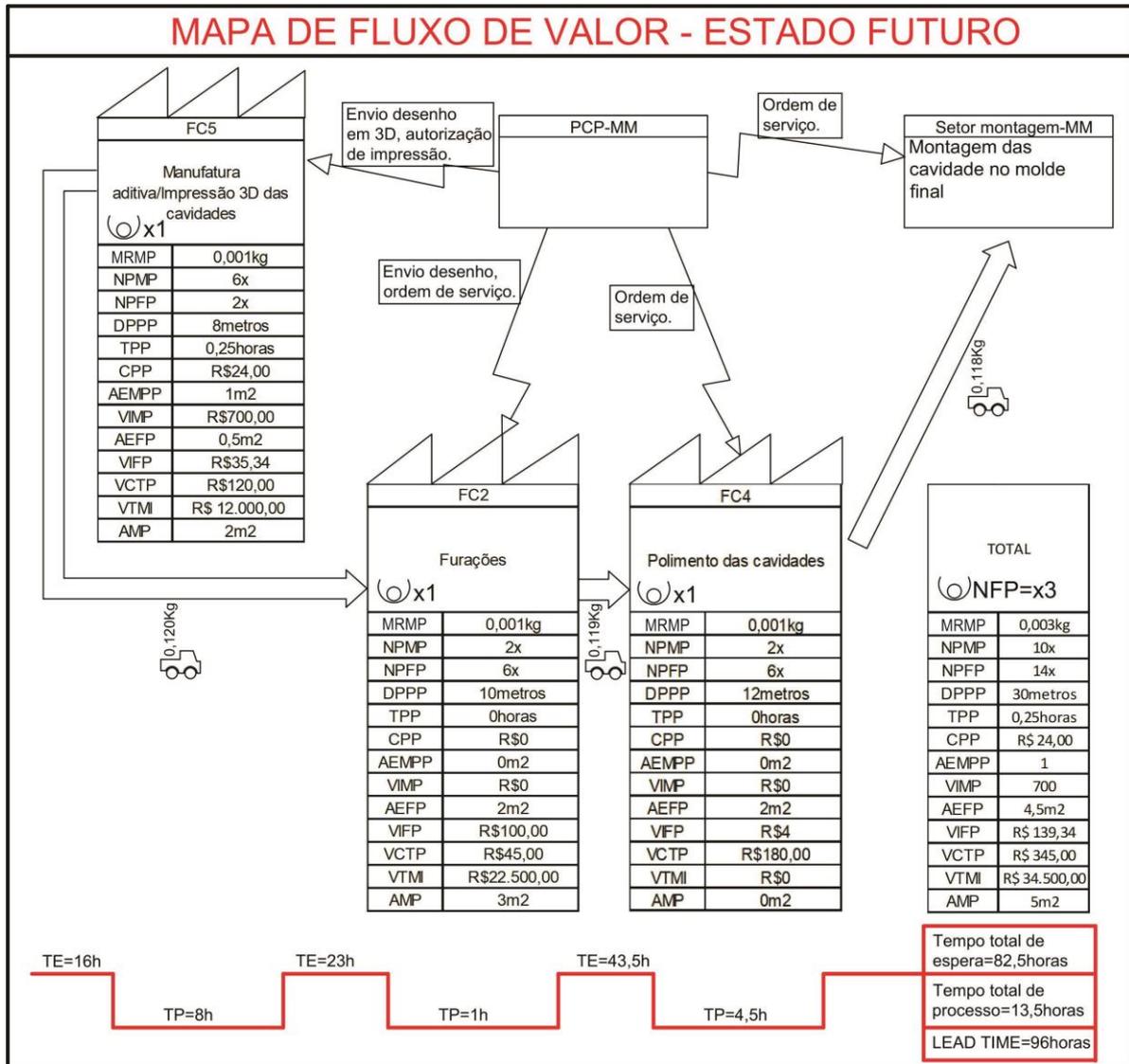
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

É possível obter uma visão mais ampla do processo atual, identificando as perdas que ocorrem pelo processo. No próximo tópico será apresentado uma reorganização do processo produtivo atual, utilizando a Manufatura Aditiva como elemento novo no processo. As siglas utilizadas no mapa estão representadas de forma descritiva no capítulo 3.3.3, onde foi detalhado o processo de condução do teste piloto para coleta de dados.

4.3.2. Mapa de Fluxo de Valor Futuro

Baseado no processo produtivo utilizando-se da MA como parte integrante da cadeia produtiva, segue detalhado na Figura 19 o mapeamento do fluxo de valor em um estado futuro.

Figura 19 - Mapa fluxo de valor futuro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O mapa de fluxo de valor no estado futuro apresenta uma redução nos movimentos e processos, os dados inseridos são discutidos e apresentados de modo apropriado no capítulo referente a análise de resultados.

4.3.3. Diagrama de Espaguete Atual

De acordo com Costa (2013), o Diagrama de Espaguete define de maneira ilustrativa aérea a movimentação do operador na execução de tarefas. É também conhecido por Diagrama de Fluxo, e pode demonstrar tanto o movimento de pessoas como o de produtos (TUBINO, 2011 apud FAVERI, 2013).

Para cálculo dos tempos e distâncias foram divididos os dados em 2 segmentos no modelo de fluxo atual. Um segmento utiliza como base apenas o transporte de produtos, acabados e semi acabados, conforme a Figura 20 ilustra. Este diagrama foi utilizado para complementar as informações sobre as perdas por transporte. O outro segmento foi desenvolvido para complementar os dados relativos as perdas por movimentos, Figura 21, onde foram utilizados dados levando em consideração os movimentos realizados por funcionários ao decorrer dos fornecedores.

A localização de cada fornecedor e da empresa em estudo no estado atual seguem abaixo no Quadro 12:

Quadro 12 - Localização fornecedores e empresa em estudo no modelo atual.

Nome	Processo / Função	Cidade / Localização
FC1	Fornecimento MP alumínio	Novo Hamburgo - RS
FC2	Esquadrejamento e furação	Portão - RS
MM	Usinagem cavidades / Empresa em estudo	São Leopoldo - RS
FC3	Eletro erosão	Novo Hamburgo - RS
FC4	Polimento	Novo Hamburgo - RS

Fonte: Elaborado pelo autor.

A sequência para cálculo da distância percorrida pelo produto no estado atual foi a seguinte:

1° = FC1

2° = FC2

3° = MM

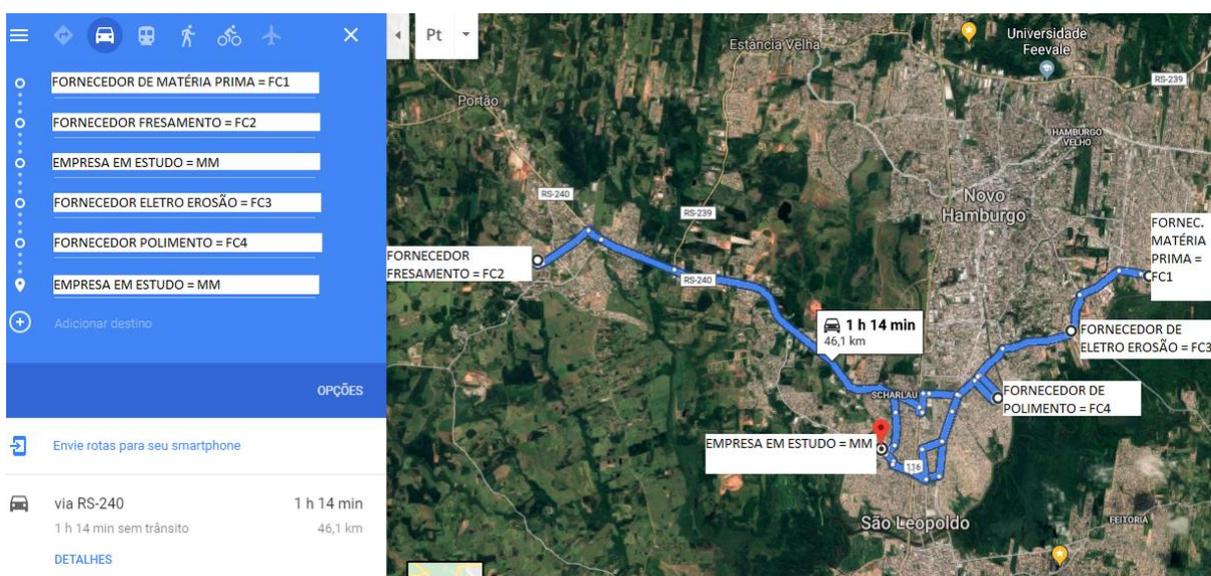
4° = FC3

5° = FC5

6° = MM

Desta forma existem 5 transportes relacionados ao produto identificados: entre FC1 e FC2, FC2 e MM, MM e FC3, FC3 e FC4, FC5 e MM.

Figura 20 - Transporte de material acabado e semi-acabado modelo atual.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019) ¹.

Pelo sistema computacional “Google Maps”, estes 5 transportes relacionados ao produto somam um total de 46,1Km, e possuem um tempo estimado de deslocamento em 1 hora e 14 minutos.

Para cálculo de deslocamento relativo a movimento de pessoas ou funcionários, foi considerado como funcionário o motorista da empresa, a qual possui veículo próprio e realizou a entrega e busca entre todos os fornecedores do processo em estudo. O movimento de funcionários foi calculado com base no fato de que as cavidades eram entregues em alguns fornecedores, e coletadas no dia seguinte, gerando 2 viagens ao mesmo fornecedor. A sequência tem fidelidade ao trajeto percorrido pelo motorista da empresa para produção das cavidades em estudo no modelo atual:

1° = MM

2° = FC1

3° = FC2

4° = MM

5° = FC2

6° = MM

7° = FC3

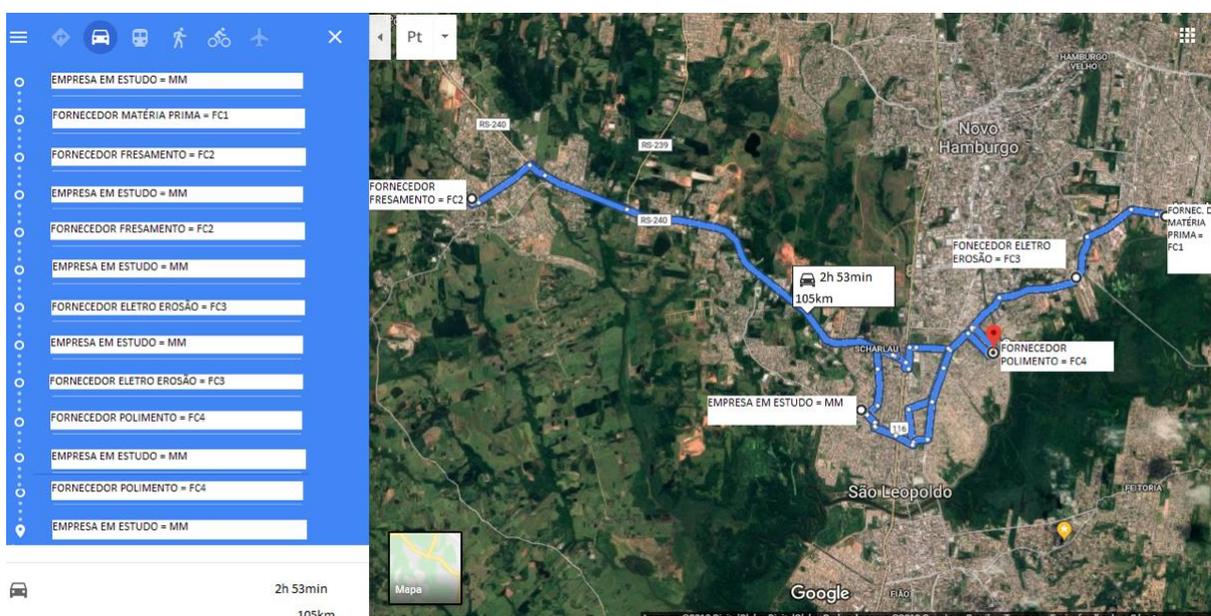
8° = MM

¹ Acesso em 16/05/2019 - <https://www.google.com.br/maps/search/>

- 9° = FC3
- 10° = FC4
- 11° = MM
- 12° = FC4
- 13° = MM

Ao total são 12 movimentos identificados: entre MM e FC1, FC1 e FC2, FC2 e MM, MM e FC2, FC2 e MM, MM e FC3, FC3 e MM, MM e FC3, FC3 e FC4, FC4 e MM, MM e FC4, FC4 e MM.

Figura 21 - Movimentação de pessoas modelo atual.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019) ².

Pelo sistema computacional “Google Maps”, estes 12 movimentos relacionados ao funcionário motorista somam 105Km, e possuem um tempo estimado de deslocamento em 2 horas e 53 minutos.

² Acesso em 16/05/2019 - <https://www.google.com.br/maps/search/>

4.3.4. Diagrama de Espaguete Futuro

Para cálculo das rotas relacionadas ao processo futuro, onde a MA foi inclusa no processo produtivo, os dados foram alocados em 2 segmentos. Um segmento baseia-se apenas no transporte de produtos, acabados e semi acabados, conforme ilustra a Figura 22. Este diagrama foi utilizado como base complementar para avaliação de impacto na perda por transporte. O segundo segmento foi desenvolvido para complementar os dados relativos as perdas por movimentos, onde foram utilizados dados levando em consideração os movimentos realizados por funcionários ao decorrer dos fornecedores. Estes movimentos estão ilustrados na Figura 23.

A localização de cada fornecedor e da empresa em estudo no estado futuro seguem abaixo no Quadro 13:

Quadro 13 - Localização fornecedores e empresa em estudo no modelo futuro.

Nome	Processo / Função	Cidade / Localização
FC5	Fornecedor de MA (impressão 3D)	Novo Hamburgo - RS
FC2	Esquadrejamento e furação	Portão - RS
FC4	Polimento	Novo Hamburgo - RS
MM	Empresa em estudo	São Leopoldo - RS

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para cálculo de movimento de transporte no estado futuro, foram seguidas a ordem de trajeto:

1° = FC5 (produtos saem do fornecedor de MA).

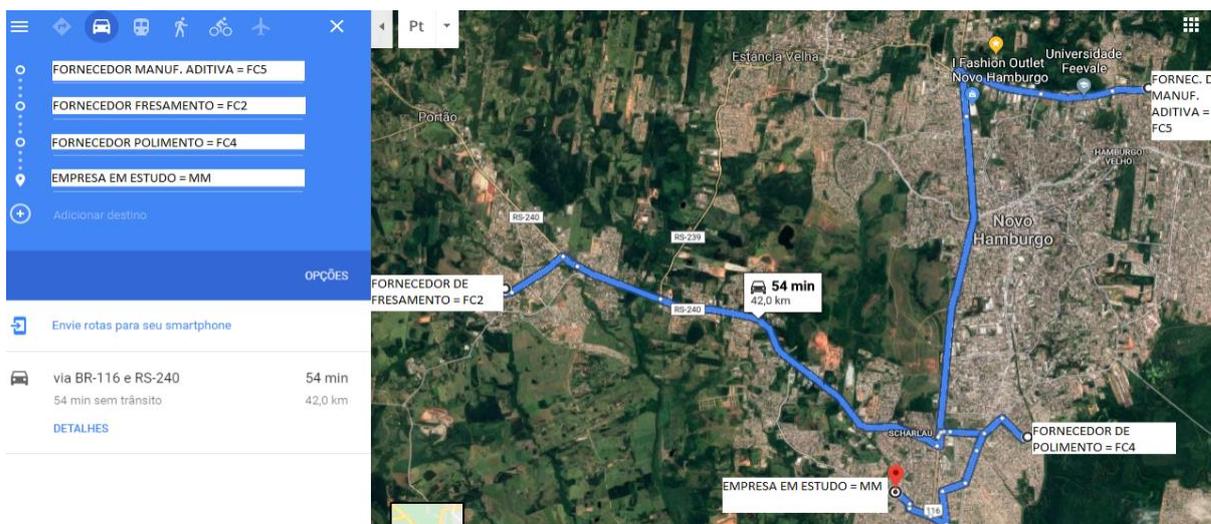
2° = FC2 (seguem para furação no fornecedor FC2).

3° = FC4 (passam para etapa de acabamento de superfície no fornecedor FC4).

4° = MM (chegam na empresa em estudo para montagem em molde).

Com esta sequência é identificado 3 movimentos de transporte de produtos: entre FC5 e FC2, FC2 e FC4, FC4 e MM.

Figura 22 - Transporte de material acabado e semi-acabado modelo futuro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019) ³.

Sendo inseridos os endereços completos no “Google Maps”, o resultado obtido foi um movimento de transporte de produto equivalente a 42Km, sendo que o tempo gasto aproximado para este deslocamento é de 54 minutos.

Para cálculo de movimento de funcionários, foi considerado o trajeto realizado pelo motorista da empresa no deslocamento para realizar as entregas e buscas entre os fornecedores e a empresa em estudo. A sequência realizada foi dada na seguinte ordem:

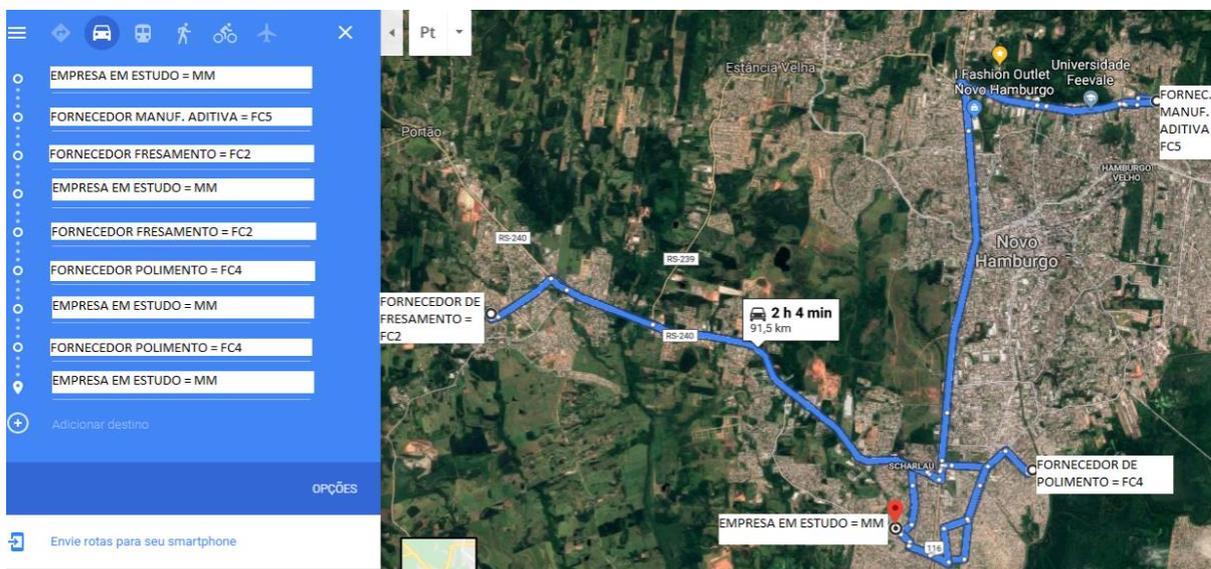
- 1° = MM
- 2° = FC5
- 3° = FC2
- 4° = MM
- 5° = FC2
- 6° = FC4
- 7° = MM
- 8° = FC4
- 9° = MM

Nesta sequência foi avaliado um total de 8 movimentações. O trajeto foi traçado levando em consideração que todos os fornecedores não teria capacidade de realizar o processo de forma instantânea, tendo a necessidade de coletar os produtos em uma outra oportunidade. Os 8 movimentos detectados foram: entre MM

³ Acesso em 16/05/2019 - <https://www.google.com.br/maps/search/>

e FC5, FC5 e FC2, FC2 e MM, MM e FC2, FC2 e FC4, FC4 e MM, MM e FC4, FC4 e MM.

Figura 23 - Movimentação de pessoas modelo futuro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019) ⁴.

Utilizando o serviço web “Google Maps”, os 8 movimentos identificados e realizados pelo motorista somaram 91,5Km, e o tempo estimado de deslocamento neste trajeto é de aproximadamente 2 horas e 04 minutos.

4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados comparativos entre o processo atual de confecção de moldes para microfusão e o processo futuro de Manufatura Aditiva. Os resultados comparativos serão apresentados por meio das ferramentas Mapa de Fluxo de Valor e Diagrama de Espaguete. Juntamente com as respostas coletadas pelo protocolo de pesquisa, os resultados foram direcionados para análise individual do impacto causado pelo uso da Manufatura Aditiva entre cada uma das 7 Perdas do Lean Manufacturing.

⁴ Acesso em 16/05/2019 - <https://www.google.com.br/maps/search/>

4.4.1. Impacto do uso da Manufatura Aditiva dentro das 7 Perdas Lean Manufatcturing

A análise a seguir promove a verificação, dentro de um processo produtivo de estudo de caso, de quais pontos foram impactados com a inserção da Manufatura Aditiva e qual a dimensão deste impacto.

4.4.1.1. Impacto na Perda por Super Produção

Para comparar dados referentes a superprodução foi levado em consideração que todo material ou produto produzido de forma antecipada, bem como o espaço ocupado e os valores imobilizados envolvidos compõem esta perda. No Quadro 14, são apresentados 2 itens comparativos que estão diretamente ligados com a produção antecipada de materiais desnecessários e com a produção em excesso de itens para estoque.

Quadro 14 - Comparativo entre processos, análise Perda por Super Produção.

	DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
1	Massa removida ou perda de matéria prima	MRMP 0,743kg	MRMP 0,003kg	99,60 %
2	Valor do custo total do processo	VCTP R\$ 1.019,00	VCTP R\$ 345,00	66,14 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

A perda por superprodução é tida por alguns autores como a maior de todas as perdas. Tendo o fato que quase todo trabalho desenvolvido para atingir a geometria desejada nas cavidades foi direcionado para remoção de material que não foi contabilizado no valor final do produto, é possível afirmar que todo material retirado foi produzido em excesso. De acordo com a Figura 18, Mapa de Fluxo de Valor Atual, a matéria prima é retirada do fornecedor pesando aproximadamente 1,4kg, e ao longo do processo perde 0,743Kg, o que representa aproximadamente 50% de sua massa. Todo o processo a partir da aquisição da matéria prima no

estado atual é direcionado para remover a massa excedente, para promover a forma geométrica desejada. Somente o último processo é direcionado a acabamento de superfície, os processos anteriores são focados na remoção de material excedente para alcançar as dimensões necessárias. Desta forma, pode-se afirmar que a perda por superprodução neste caso, seria a remoção de todo excesso de material existente desde o primeiro fornecedor, e que contribuirá para gerar outras perdas ao longo do processo.

A MA permitiu a confecção das cavidades com praticamente zero de material produzido em excesso desde o início do processo. O mesmo não ocorreu com o processo subtrativo, que desde o início da linha produtiva apresentou necessidade de utilizar sobremetal, e promoveu uma remoção significativa de material. Desta forma, na questão da perda por superprodução antecipada de matéria prima, a MA apresentou uma eficiência superior ao processo que não utilizou esta tecnologia no estudo de caso. No item MRMP constante no Quadro 14, pode-se verificar uma redução de 99% na massa de material removido entre as duas situações expostas.

Na empresa em estudo, o valor investido na produção de um molde é fator decisivo para o processo competitivo no mercado. Com um molde de menor investimento, ocorre conseqüentemente uma redução do valor repassado às peças, ou a possibilidade de produção de lotes menores, reduzindo o estoque de peças microfundidas providas do molde construído. Na relação entre o processo atual e o futuro na empresa em estudo, ocorreu uma redução de 66% no custo total para produção das cavidades, e pode ser analisado no item 2 do Quadro 14, no código VCTP.

4.4.1.2. Impacto na Perda por Espera

Para o estudo de caso presente neste trabalho, foi considerado como tempo de espera, todo o período em que o produto ficou aguardando a oportunidade de entrar em processo produtivo. O operador não ficou parado aguardando a produção em nenhum momento. Tanto no setor interno da empresa em estudo, quanto nos fornecedores externos envolvidos no processo, não houve perda por espera até a chegada do material. Em todos os casos o material é entregue ao processo seguinte e este, aguarda uma oportunidade para entrar em processo fabril. No Quadro 15, é

apresentado os dados relativos a tempo de espera nas duas situações em estudo, processo atual e futuro. Para efeitos comparativos, também foram apresentados o tempo efetivo em processo e o *Lead Time* total.

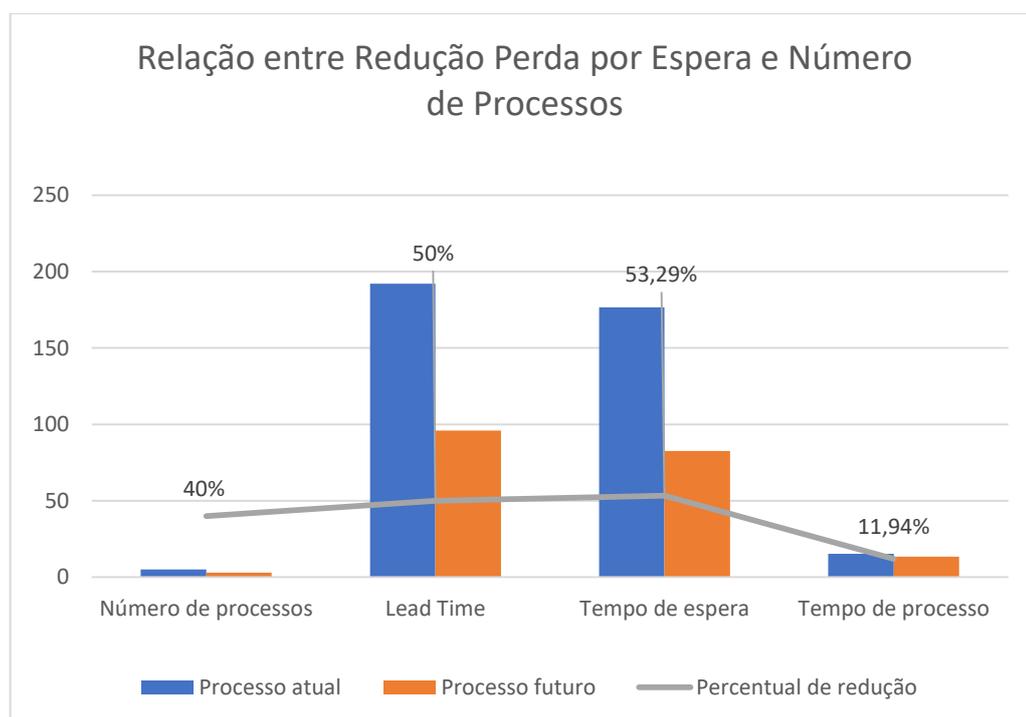
Quadro 15 - Tempo de espera, processo e Lead Time total.

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Lead time total	LD 192horas	LD 96horas	50,00 %
Tempo total de espera	TE 176,63horas	TE 82,5horas	53,29 %
Tempo total em processo	TP 15,33horas	TP 13,5horas	11,94 %
Número de <i>pressets</i> de máquinas	NPMP 26x	NPMP 10x	61,54 %
Número de <i>pressets</i> de ferramentas	NPFP 40x	NPFP 14x	65,00 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

A empresa em estudo trabalha de maneira ampla com o uso de serviços terceirizados, e o sincronismo produtivo é considerado de difícil controle entre os fornecedores terceirizados. Como o sincronismo entre fornecedores externos é de difícil controle, é necessário atuar em outras fontes para reduzir esta perda. Uma alternativa é reduzir o número de fornecedores, ou processos. O uso da MA promoveu uma redução no número de processos e fornecedores externos, segundo os mapas de fluxo de valor atual e futuro, Figuras 18 e 19, ocorreu uma redução de 5 para 3 processos. Como consequência observa-se uma redução média de 63% no número de *pressets* de máquinas (NPMP) e ferramentas (NPFP). Esta redução em fornecedores, processos e *pressets* acabou gerando um recuo na perda por espera de forma direta. Na perda por espera identificada pelo código TE no Quadro 15, a redução segue uma proporção similar à redução do número de processos. Conforme o Gráfico 1, é possível verificar esta proporção de forma mais clara.

Gráfico 1 - Gráfico proporção entre redução de processos e perda por espera.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A perda por espera apresentou uma redução de 53%, conforme dados representados pelo código TE, no Quadro 15. Seu impacto no *Lead Time* total foi significativo e de grande importância, uma vez que o tempo de processo, identificado pelo código TP no Quadro 15 não apresentou redução na mesma proporção.

4.4.1.3. Impacto na Perda por Transporte

Conforme os dados coletados e apresentados no Quadro 16, é possível verificar o impacto do uso desta tecnologia na redução das perdas por transporte dentro das empresas. Também é incluído no quadro uma relação entre os transportes relativos ao deslocamento de produtos entre as empresas, tanto de matéria prima, quanto de produtos acabados e semi acabados.

Quadro 16 - Relação entre perdas por transporte

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Distância percorrida pelo produto dentro das empresas	DPPP 132m	DPPP 30m	77,27 %
Distância percorrida pelo transporte de produto entre empresas	DT 46,1km	DT 42km	8,89 %
Número de transportes realizados de produtos entre as empresas	NT 5x	NT 3x	40,00 %
Tempo de transporte de produtos entre as empresas	TT 1,23horas	TT 0,9horas	26,83 %
Tempo total de espera	TE 176,63horas	TE 82,5horas	53,29 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os dados apresentados, a DT demonstrou uma redução de praticamente 9% entre os processos atual e futuro do estudo de caso. Não é uma redução significativa se comparada com as reduções apresentadas pela DPPP (distância percorrida pelo produto dentro das empresas). A MA reduziu a necessidade excessiva de processos na confecção de um produto, e promoveu uma redução no planejamento e programas de produção. Essa diferença entre a MS e a MA promove consequentemente uma redução no transporte de produtos.

Comparando a influência da perda por transporte, com o período total de perda por espera, o seguinte resultado é observado para os 2 processos em estudo:

- No processo atual, o tempo de perda por transporte representa 0,6% do tempo de perda por espera total.
- No processo futuro, o tempo de perda por transporte representa 1% do total da perda por espera no processo.

Desse modo é possível verificar que a perda por transporte não é um agente significativo no tempo total de espera dos 2 processos em estudo.

A redução significativa de transporte é observado dentro do processo fabril de cada empresa, dentro de cada fornecedor. Já no deslocamento externo, entre as empresas, mesmo com a redução do número de processos e fornecedores, a

distância longa atribuída ao fornecedor de MA acaba praticamente anulando essa redução, se comparado a outros dados do Quadro 16.

4.4.1.4. Impacto na Perda por Processamento

A MA proporcionou uma redução efetiva no número de processos, como pode ser percebida na comparação entre a Figura 18 e Figura 19, onde o número de processos no sistema que utiliza a MA é menor, ocorre uma redução de 5 para 3 processos.

O maior esforço dentro do processo atual da empresa em estudo é remover o material fornecido em excesso pelo fornecedor. Este sistema produtivo gera a necessidade de utilizar processos específicos para remoção, ou usinagem estratégica de certos detalhes pertencentes às cavidades. No Quadro 17 é possível visualizar um comparativo entre o processo atual e o processo futuro, relacionando alguns processos realizados, com a quantidade de material removido por cada um deles.

O Quadro 17 apresenta algumas variáveis relacionadas a processos paralelos realizados no estudo de caso, para promover a remoção de material da forma desejada. Estes processos paralelos estão em geral ligados a programações de CNC e usinagens de eletrodos que são utilizados no processo de usinagem das cavidades.

Quadro 17 - Perdas por processo e processos paralelos

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)		TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)		PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Massa removida ou perda de matéria prima	MRMP	0,743kg	MRMP	0,003kg	99,60 %
Custo dos processos paralelos	CPP	R\$ 170,00	CPP	R\$ 24,00	85,88 %
Tempo com processos paralelos	TPP	4horas	TPP	0,25horas	93,75 %
Valor do custo total do processo	VCTP	R\$ 1.019,00	VCTP	R\$ 345,00	66,14 %
Tempo total do processo	TP	15,33horas	TP	13,5horas	11,94 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o Quadro 17, o custo com processos paralelos (CPP) bem como o tempo com processos paralelos (TPP), apresentaram uma redução média de 90% quando a MA foi incluída no sistema produtivo. De acordo com o Mapa de Fluxo de Valor Atual (Figura 18), os investimentos mais elevados em tempo com processos paralelos estão concentrados apenas no MM e FC3, que são consequentemente os processos de usinagem CNC das cavidades e a eletro erosão de cantos vivos e profundos no fornecedor 3. Estes processos necessitam de uma atenção especial quanto a programação, pois é necessário decidir quais ferramentas serão utilizadas e qual a estratégia de usinagem. Em ambos os casos é necessário o auxílio de um programa de computador para gerar os movimentos de usinagem.

Fazendo uma análise comparativa de impacto, no sistema atual utilizado pela empresa em estudo, sem o uso da MA, o custo com processos paralelos representou aproximadamente 17% do valor principal de custo. Já o tempo com processos paralelos representou 26% do tempo gasto no processo total.

Com os mesmos dados é possível afirmar que no estado futuro de produção, isto é, com o uso da MA como opção na cadeia produtiva, o custo com processos paralelos representou apenas 7% do custo total. E o tempo investido no processo paralelo neste caso foi de apenas 2% do tempo total do processo.

4.4.1.5. Impacto na Perda por Estoque

O presente trabalho apresenta os principais custos imobilizados que foram utilizados tanto no processo atual quanto no processo futuro, bem como a área aproximada necessária para cada uso e alocação de cada elemento. No Quadro 18, os itens VIMP, VIFP e VTMI representam os valores relativos a matéria prima em estoque, ferramentas utilizadas e maquinários utilizados. Os códigos AEMPP, AAFP e AMP representam os dados relativos ao tamanho da área destinada a alocar matéria prima, ferramentas e máquinas utilizadas em cada processo produtivo.

Quadro 18 - Análise de perda por estoque entre estado atual e estado futuro.

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Área destinada a matéria prima	AEMPP 200,4m ²	AEMPP 1m ²	99,50 %
Valor imobilizado em matéria prima	VIMP R\$ 26.000,00	VIMP R\$ 700,00	97,31 %
Área destinada a estoque de ferramentas	AEFP 18,35m ²	AEFP 4,5m ²	75,48 %
Valor imobilizado em ferramentas	VIFP R\$ 1.734,50	VIFP R\$ 139,34	91,97 %
Valor total do maquinário utilizado	VTMI R\$ 472.000,00	VTMI R\$ 34.500,00	92,69 %
Área ocupada pelo maquinário	AMP 35,72m ²	AMP 5m ²	86,00 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

A redução do volume de estoque proporcionado pela MA ocorreu pelo fato de na Manufatura Subtrativa, o estoque precisa contemplar diferentes bitolas chapas e blocos de um mesmo material, o que não foi necessário na MA. Essa redução é radical se analisar os estoques existentes entre os 2 processos em estudo no presente trabalho. Tanto em questão de área utilizada, quanto em valores imobilizados, a redução média fica em torno de 90%. Sendo que a mais significativa é a redução de estoque da matéria prima em si, representada pelos códigos AEMPP e VIMP no Quadro 18. Essa redução chega próximo aos 100%, o que seria o tão almejado “estoque zero” da filosofia Toyota. Segundo o entrevistado FC5 pelo questionário que consta no protocolo de estudo de caso em anexo:

“Se preciso de algum material diferente eu faço compra just in time. O frete deste tipo de material é baixo e a entrega é rápida. (E. Brock, Gerente Produção, entrevistado em 2019).

Para atender as necessidades da empresa em estudo, a fim de confeccionar moldes para microfusão, a MA apresenta uma redução significativa nas perdas por estoque. No estudo de caso, os resultados de maior impacto estão concentrados na redução desta perda.

4.4.1.6. Impacto na Perda por Movimento

Como a empresa em estudo possui uma estrutura baseada em fornecedores terceirizados, a movimentação de funcionários entre estes fornecedores apresenta um grande investimento em tempo e deslocamento. Conforme demonstrado no Quadro 19, é possível verificar o número de movimentos realizados por funcionários (NM) entre as empresas, a distância percorrida e o tempo investido nestes movimentos. Estes dados foram confeccionados com o auxílio do Diagrama de espaguete atual e futuro, representados nas Figuras 21 e 23 respectivamente. A sequência foi respeitada levando-se em consideração os passos determinados nos Mapas de Fluxo de Valor atual e futuro, apresentados nas Figuras 18 e 19 respectivamente. Para modo comparativo, o tempo por espera total dos processos (TE) em estudo também foi inserido no quadro.

Quadro 19 - Comparativo perdas por movimentos

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Distância movimentação total de funcionários entre as empresas	DM 105km	DM 91,5km	12,86 %
Número de movimentações de funcionários entre as empresas	NM 12x	NM 8x	33,33 %
Tempo gasto com movimentações de funcionários entre as empresas	TMF 2,88horas	TMF 2,07horas	28,13 %
Tempo total de espera entre os processos	TE 176,63horas	TE 82,5horas	53,29 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado no Quadro 19, ocorre uma redução de 30% em média entre o número de movimentações (NM) e o tempo gasto com movimentações (TMF) entre o processo atual e futuro do estudo de caso. Não ocorre porém, uma redução proporcional à distância percorrida pelo funcionário (DM) nestas movimentações. Uma variação de 12,86% é verificada na comparação destes dados. Esta situação ocorre devido a distância e posição do fornecedor de MA. Houve redução nos movimentos, porém, devido ao trajeto mais longo incluído

no processo futuro, a distância percorrida não obteve os mesmos resultados dos dados apresentados em conjunto no Quadro 19.

No caso atual da empresa em estudo, o TMF (tempo gasto com movimento de funcionários) representa 1,6% do TE (tempo de espera de produto entre os processos). Já se formos analisar este mesmo dado relacionando com o processo futuro, com a MA como elemento produtivo incluso, esta relação sobe para 2,5%. Este aumento da representatividade de TMF dentro do TE, se dá pela redução do tempo total de espera, e não pelo aumento do tempo de movimentações.

4.4.1.7. Impacto na Perda por Defeito

Para verificação da perda por defeitos, foi levado em consideração alguns fatores que podem contribuir para que essa perda ocorra de maneira mais frequente. Foi considerado que cada vez que as peças sofrem uma mudança de processo, *presset* ou movimentação ocorre uma exposição a uma possibilidade de erro.

Conforme demonstrado no Quadro 20, a MA promoveu uma redução de exposição dos produtos às variáveis do processo. As variáveis como número de *pressets*, máquinas, processos, movimentos, transportes e pessoas envolvidas reduziu de maneira expressiva quando comparados o estado atual produtivo e o estado futuro na cadeia produtiva.

Quadro 20 - Redução de variáveis do processo.

DADOS RELATIVOS AO PROCESSO	TOTAL SISTEMA 100% SUBTRATIVO (ESTADO ATUAL)	TOTAL SISTEMA COM MANUFATURA ADITIVA (ESTADO FUTURO)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO
Presset de máquinas	NPMP 26x	NPMP 10x	61,54 %
Presset de ferramentas	NPFP 40x	NPFP 14x	65,00 %
Número de funcionários com contato direto	NFP 8x	NFP 3x	62,50 %
Número de movimentações de funcionários entre as empresas	NM 12x	NM 8x	33,33 %
Número de transportes realizados de produtos entre as empresas	NT 5x	NT 3x	40,00 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando o número de processos expostos na Figura 18 e Figura 19, é observado uma redução de 5 para 3 processamentos principais. O NPMP (número de *pressets* de máquinas) e NPFP (número de *pressets* de ferramentas) acompanham percentualmente a redução do NFP (número de funcionários envolvidos no processo), na casa dos 62%. Já o NM (número de movimentos de pessoas entre as empresas) e o NT (número de transportes de produtos entre as empresas) apresentam uma redução de menor impacto, 33% e 40% respectivamente. Desta forma, o produto fica menos exposto a variações no processo produtivo, o que neste caso, pode proporcionar um melhor controle sobre a qualidade dos produtos que estão sendo fabricados.

No próximo capítulo serão apresentadas as discussões sobre os resultados obtidos.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A superprodução é tida como a mais significativa das perdas, e seu impacto pôde ser observado em todas as outras perdas da LM. Os dados analisados no capítulo 4.4, apresentam a MA como uma alternativa que reduz expressivamente as perdas ao longo do processo de fabricação. No Quadro 21, são expressos os dados que apresentaram maior relevância e impacto no processo produtivo.

Quadro 21 - Impacto geral no sistema produtivo com o uso da Manufatura Aditiva.

DADOS TOTAIS ANALISADOS NO PROCESSO DE CONFECÇÃO DAS CAVIDADES PARA MICROFUSÃO	PROCESSO ATUAL (SEM MA)	PROCESSO FUTURO (COM MA)	REDUÇÃO
Massa removida ou perda de matéria prima	0,743kg	0,003kg	99,60 %
Área destinada para matéria prima	200,4m ²	1m ²	99,50 %
Valor imobilizado em matéria prima	R\$ 26.000,00	R\$ 700,00	97,31 %
Valor do custo total do processo	R\$ 1.019,00	R\$ 345,00	66,14 %
Valor total do maquinário utilizado	R\$ 472.000,00	R\$ 34.500,00	92,69 %
Área ocupada pelo maquinário	35,72m ²	5m ²	86,00 %
Lead time total	192horas	96horas	50,00 %
Número de processos	5x	3x	40,00 %

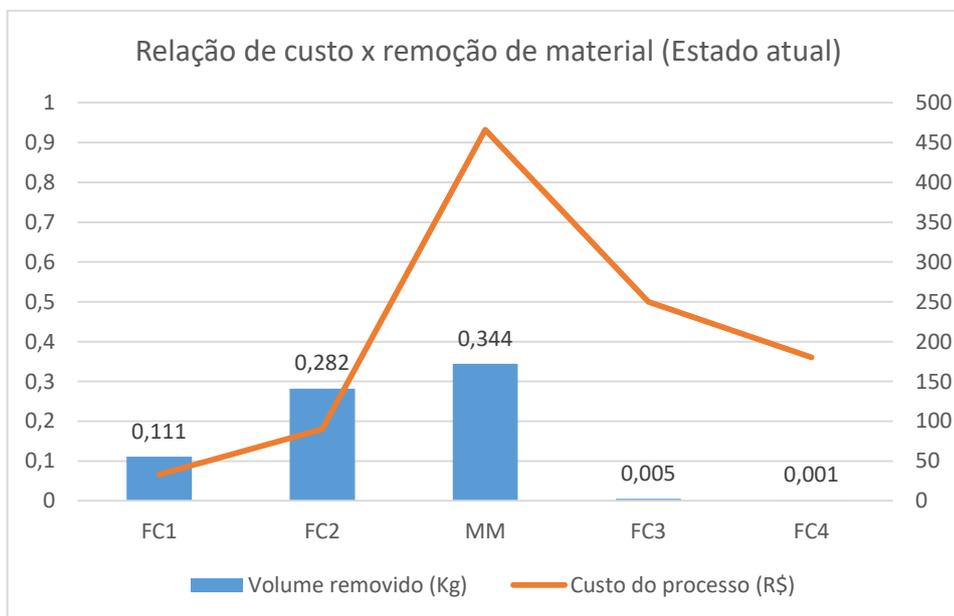
Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 21 não foram expressos os dados referentes ao transporte, mas nota-se pela redução do número de processos que existe uma tendência a reduzir esta perda de transportes como consequência. Observa-se esta tendência quando percebe-se que as maiores reduções de perdas estão ligadas diretamente a estoque de matéria prima e o custo que o envolve. A logística de distribuição de matéria prima deve se moldar a este processo produtivo.

Para entender a origem da redução de perdas proporcionada pelo uso da MA neste estudo de caso, basta analisar o esforço descrito no processo atual, desde o fornecimento da matéria prima em blocos de alumínio, até o polimento final das cavidades. Esse processo é quase inteiramente focado na remoção do material excedente que é recebido pelo fornecedor de matéria prima na cadeia produtiva em estudo. A energia gasta para gerar material bruto em um processo subtrativo, é revertida em uma nova linha de energia para remover o material excedente. Essa remoção de material, tem relação com o aumento do *Lead Time* de produção, e do

custo para confeccionar as cavidades para molde de microfusão, como é possível verificar no Gráfico 2.

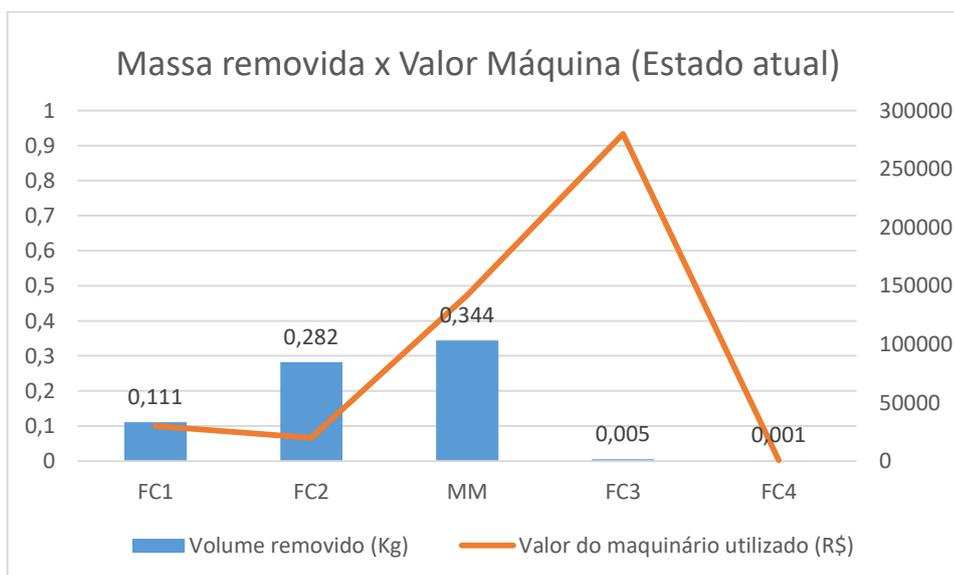
Gráfico 2 - Relação de custo x remoção de material



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O Gráfico 2, apresenta uma descrição individual do custo gerado por processo para a empresa em estudo, e a quantidade de material removido pertencente ao Mapa de Fluxo de Valor atual.

Gráfico 3 - Relação entre massa removida e valor de maquinário utilizado



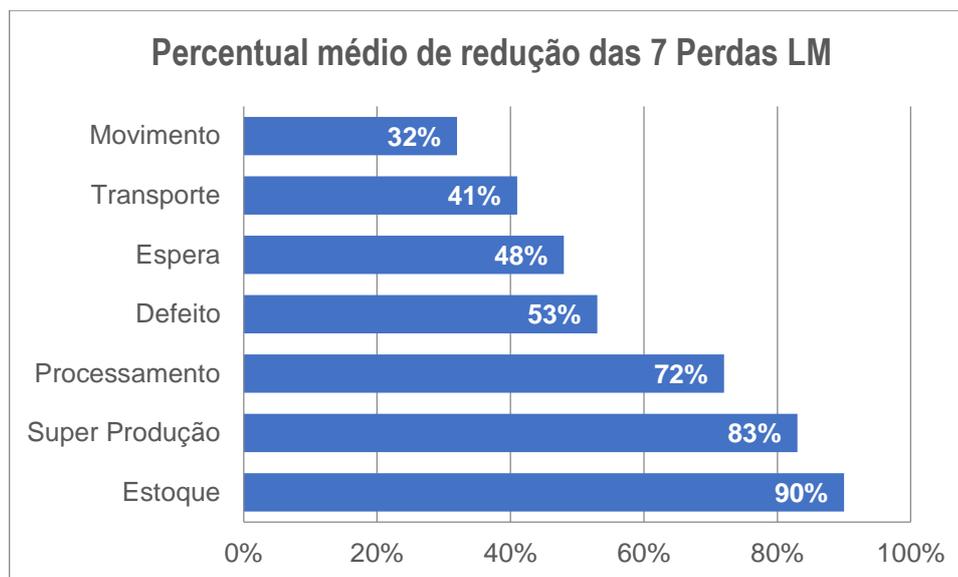
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No gráfico 3 é possível verificar que processos como os serviços realizados pelo FC3 (fornecedor ele serviço de eletro erosão), utilizam um maquinário de valor imobilizado de R\$280.000,00 para promover a remoção de aproximadamente 5 gramas de material. Sendo assim, na manufatura subtrativa, não existiu uma relação direta entre a quantidade de massa removida e valor de maquinário imobilizado utilizado. Ocorre que certos processos de remoção de material, apresentam um grau de dificuldade maior para serem alcançados, e necessitam de procedimentos e equipamentos estratégicos para tal, como é o caso de um serviço de eletro erosão por penetração. Com o uso da MA, esta relação não ocorre, o custo para confecção de um molde como o do estudo de caso depende apenas do tempo de impressão do mesmo e da quantidade de material consumida pelo processo. No caso do molde em estudo, não houve necessidade de retrabalhos complementares a fim de alcançar a geometria desejada, a MA permitiu que essas formas geométricas fossem obtidas de modo único processual.

Os resultados apresentados tanto na redução de perda por movimentos, quanto na redução de perdas por transporte não obtiveram significância similar às demais perdas. Isso ocorreu devido ao fornecedor de MA adicionado ao processo produtivo futuro, é o fornecedor que apresenta a maior distância até a empresa em estudo. Conseqüentemente a distância percorrida no estudo do estado futuro, não obteve uma redução significativa, mesmo reduzindo o número de fornecedores. Este fator não ocorreu por influência da MA, mas sim pela posição geográfica do fornecedor em questão.

De um modo geral, a MA promoveu uma redução em todas as áreas das 7 perdas da LM observadas no estudo de caso. No Gráfico 4 é possível verificar uma síntese com os resultados obtidos.

Gráfico 4 - Impacto produtivo através do uso da MA no estudo de caso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

As 7 perdas destacadas no Gráfico 4 estão representadas pela média das perdas apresentadas em cada estudo individual na coleta de dados.

Percebe-se um destaque na perda por estoque, processamento e super produção. O estoque da matéria prima no processo por manufatura subtrativa possui dimensão tanto em valor imobilizado, quanto em área e variedade de produtos infinitamente superior ao estoque de matéria prima utilizado no processo po MA no estudo de caso. Chapas de diferentes espessuras, blocos de diferentes dimensões, barras com formas redondas, quadradas, chatas, retangulares, tubos são pré-formas que necessitam estar em estoque para que uma empresa atenda o mercado de fornecimento de materia prima no processo subtrativo. O tempo para preparar estes materiais para envio aos clientes também é relevante, uma vez muitas vezes é necessário manejar chapas, barras ou tubos com mais de 3 metros de comprimento para corte de pequenos peças ou blocos, como foi o caso no presente trabalho. O transporte destes materiais de grandes dimensões até o distribuidor também é um fator relevante, uma vez que precisa ser estudado com cautela para que seu custo impacte de maneira reduzida no valor do produto final. No estudo de caso, a empresa que prestou o serviço de MA, detinha um estoque ínfimo de material. Isto foi possível pois segundo o entrevistado, a entrega deste material era feito de forma rápida, e na maioria das vezes até mesmo um motoboy efetuava o transporte.

No próximo capítulo é apresentado a conclusão sobre o trabalho realizado, e as considerações finais sobre o estudo.

6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro de um ambiente empresarial onde moldes para microfusão são construídos para produção de lotes cada vez menores de peças microfundidas, a opção de utilizar a MA como diferencial e redução de perdas foi relevante.

A identificação das 7 perdas da LM, tanto no processo atual quanto no processo futuro, possibilitou a comparação direta entre os 2 sistemas produtivos, permitindo analisar de maneira eficiente quais perdas a MA foi mais impactante no estudo de caso. O sistema de protocolo para coleta de dados, aliado com uma entrevista direta aos principais participantes dos processos em estudo promoveu uma visão ampla dos 2 sistemas produtivos abordados no trabalho.

Em relação ao número de processos produtivos utilizados pelos 2 sistemas de fabricação no estudo de caso. O envolvimento com a programação e controle de produção de produção com o uso da MA apresentou uma redução visível do ponto de vista administrativo, uma vez que o número de processos obteve uma queda de 40% na comparação com o processo subtrativo. Enquanto a manufatura subtrativa necessitou de um número maior de processos para atingir o objetivo desejado, a MA demonstrou que apresenta capacidade de atingir o mesmo objetivo demandando menor quantidade de recursos de fabricação. Promove-se desta forma uma redução no envolvimento estratégico na programação e controle da produção. Para efetuar um equilíbrio da capacidade produtiva e administrativa da empresa caso seja adotado a MA como base de manufatura existem duas opções distintas: Uma opção seria a redução dos custos relacionados a colaboradores da empresa, ou seja, demandando menor necessidade de envolvimento na programação e controle de produção, o uso da MA promoveria conseqüentemente uma necessidade reduzida no número de pessoas ou funcionários envolvidos no processo. Outra opção, e a de maior probabilidade para o momento atual da empresa em estudo, seria a questão de aproveitar o potencial pessoal ocioso dos funcionários para investir em novos esforços destinados ao crescimento e competitividade da da organização.

O valor e a área ocupada pelos maquinários envolvidos no processo baseado na MA apresentou uma redução significativa em relação ao processo que utilizou apenas a manufatura subtrativa como meio de fabricação. De acordo com os dados do Quadro 21, com o uso da MA foi possível utilizar um número reduzido de equipamentos e processos, necessitou menor área demandada pelos maquinários

envolvidos e apresentou possibilidade de trabalho com estoque praticamente nulo de matéria prima. São todos efeitos benéficos ao processo produtivo, e que fazem parte do pensamento *Lean Manufacturing*.

Um item importante está relacionado aos sistemas produtivos estudados estaria relacionado ao fornecimento de matéria prima inicial de cada processo no estudo. No estudo do uso da MS, a empresa que fornece a matéria prima, apenas participa do processo produtivo com esta contribuição, não somando com nenhuma outra ação no processo. Já no uso da MA, a empresa que faz a impressão das cavidades é a mesma que participa do sistema produtivo como fornecedora da matéria prima ao processo.

Esta situação a respeito do fornecimento inicial de matéria prima entre os processos estudados se deve ao valor de estoque necessário para atender os 2 sistemas produtivos. No processo baseado na MS, a matéria prima em estoque necessária para usinagem das cavidades envolve 2 placas de Alumínio 5052 com dimensões 1.250mm x 3.000mm, sendo uma placa com espessura de 22,22mm e outra placa medindo 38,1mm de espessura. Este volume de material gera um valor elevado em estoque para um fornecedor de serviço de usinagem de MS, e ao mesmo tempo se torna limitado. Se for utilizado este mesmo estoque de material para usinagem de outras peças, apenas componentes com dimensionais inferiores à matéria prima estocada poderiam ser manufaturadas. Outro fator negativo em relação ao fornecedor de MS possuir estoque próprio de matéria prima, seria a utilização destas placas em estoque para produzir peças de calibre reduzido. Neste caso, quanto menor o dimensional da peça a ser usinada em relação as placas já existentes em estoque, maiores seriam as perdas relacionadas ao LM. Sendo assim, para este estudo de caso, os valores imobilizados em matéria prima, e a limitação produtiva a partir do dimensional do material, inibem os fornecedores de serviços de usinagem por MS a possuir estoque.

Para o processo baseado no uso da MA, o estoque necessário para imprimir as cavidades desejadas, se resume a um rolo de filamento em ABS, contendo as dimensões aproximadas de 300mm de diâmetro e largura de 60mm. Este volume de material não gera custo elevado em estoque de matéria prima, e pode ser utilizado para fabricação de peças de dimensionais limitados apenas pela capacidade produtiva da máquina impressora. O dimensional de outras peças a serem produzidas a partir deste mesmo material em estoque não interfere de forma direta

nas perdas da LM. No estudo de caso apresentado, o fornecimento da matéria prima inicial é possível junto ao fornecedor de MA, devido ao baixo valor imobilizado em estoque, e a sua ampla utilização em produtos com diferentes dimensionais sem causar efeito sobre as perdas da LM.

A opção de uso da tecnologia FDM utilizando ABS como matéria prima base do processo de MA foi positiva. As tolerâncias dimensionais de impressão foram alcançadas dentro do esperado pelo processo. A escolha do equipamento para impressão do processo de MA foi relevante, uma vez que fornecedores com esta tecnologia FDM são de fácil localização no mercado e apresentam custo de produção reduzido. A matéria prima utilizada no processo aditivo, já é utilizada pelo fornecedor de microfusão atual da empresa em estudo, sendo desta forma, aprovada para injeção de cera para microfusão.

Baseado no valor atual de mercado da impressora utilizada, no seu potencial produtivo, sua fácil operação, baixo valor de estoque, se torna aparente a possibilidade em investir em um maquinário deste porte para reduzir o *lead time*, reduzindo perdas por espera e perdas por transporte e movimentações.

O *Layout* proposto, neste estudo de caso, para produção das utilizando a MA foi de forma geral aceito, podendo haver uma melhora significativa no *lead time* total com o movimento de 2 fornecedores. O primeiro movimento seria a absorção do processo de MA para dentro da empresa em estudo, eliminando o fornecedor FC5. O outro movimento seria a inclusão do processo de polimento ou acabamento também para dentro da empresa em estudo, eliminando o fornecedor FC4. Este movimento duplo seria possível devido ao processo de MA permitir que o programador e operador do equipamento tenha tempo ocioso durante a impressão. Este período em espera do funcionário poderia ser utilizado para promover polimento ou acabamento das superfícies impressas anteriormente. O tempo de espera nos 2 fornecedores FC5 e FC4, no processo de MA é de 59,5 horas, o que representa aproximadamente 62% do *Lead Time* Total de produção. Atualmente a empresa em estudo não tem volume de produção de moldes para microfusão suficiente para justificar estes 2 movimentos indicados e investimentos envolvidos. Porém, caso ocorra um aumento na demanda, ou um planejamento para almejar uma posição superior neste segmento de mercado, esta seria uma opção considerável para reduzir o tempo de produção e os custos dos moldes.

Quanto pontos negativos e positivos relativos aos processos aditivo e subtrativo além das 7 perdas analisadas. É possível afirmar que um detalhe relacionado ao acabamento superficial é de classificação relevante quanto ao processo de MA, e contribui como uma pontuação negativa ao sistema aditivo. A manufatura subtrativa apresentou uma condição favorável em relação a MA. O processo aditivo, produzido em camadas, acaba promovendo pequenas estrias longitudinais em superfícies horizontais e verticais. Este acabamento requer uma atenção especial no momento do polimento de superfícies, pois além de transmitir esta aparência estriada à peça que será injetada no molde, pode impedir a extração da peça de cera injetada no mesmo, causando problemas produtivos. Este mesmo acabamento não foi visível ao processo subtrativo, que apresentou um acabamento superficial superior desde o início do processo produtivo. Em alguns casos, não apresenta a necessidade do serviço de polimento, dependendo da geometria da cavidade que foi usinada.

Do ponto de vista empresarial, onde *lead time* e os custos para obtenção das cavidades são os dados de maior importância, o estudo de caso se mostrou conclusivo no que se propunha como objetivo. A MA promoveu uma redução de 50% no *Lead Time* total, e 66,14% de redução quanto a custos para fabricação das cavidades para microfusão.

6.1. LIMITAÇÕES

No desenvolvimento deste estudo de caso foi percebido que alguns dados utilizados no estudo das 7 perdas LM poderiam apresentar diferença caso fossem adotadas algumas alterações pertinentes ao processo relacionadas a escolha da matéria prima utilizada e ao dimensional do produto selecionado para investigação. Estes dados mais precisamente estariam relacionados ao tempo de processamento, custos produtivos, *lead time* conseqüentemente.

Quanto ao tipo de material escolhido para os processos em estudo. Os materiais utilizados nos 2 processos em estudo são diferentes, e conseqüentemente o tipo de material poderia proporcionar uma espécie de ruído nos dados apresentados. Se for utilizado um bloco de ABS para realizar o mesmo procedimento subtrativo realizado no alumínio, os resultados de usinagem seriam

semelhantes, pois os processos seriam praticamente os mesmos. O resultado final desejado pelo processo, que é a injeção de peças em cera para microfusão, é o mesmo tanto utilizando o alumínio com a Manufatura Subtrativa, quanto utilizando o ABS com a Manufatura Aditiva. Segundo o fornecedor de Microfusão atual da empresa em estudo, as peças injetadas em cera não apresentam diferença de acabamento ou dimensional quanto ao tipo de material utilizado no molde.

O mesmo poderia ser observado se fosse utilizado uma impressora 3D para manufatura em material de alumínio. Os custos de impressão em um equipamento com esta capacidade são elevados se comparados a impressora FDM de impressão de material polimérico. Quanto ao processo teríamos praticamente o mesmo caminho no MFV, porém os custos para a MA seriam diferentes.

Um fator relevante para considerar é a confecção apenas das cavidades dos moldes de microfusão no estudo de caso. Se fosse realizado o mesmo estudo, porém com a ampliação de avaliação para o restante do molde via processo aditivo, alguns resultados poderiam apresentar resultados diferentes. O processo aditivo apresenta tempo de produção efetivo e custos de fabricação elevados de maneira linear conforme o volume de material impresso. Ou seja, uma peça com o dobro do tamanho, que dispensa o dobro de material levaria teoricamente o dobro do tempo de usinagem e o dobro do custo de impressão. O mesmo não é possível afirmar com o processo subtrativo. Muitas vezes, geometrias de maior dimensão, apresentam uma agilidade de confecção superior via processo subtrativo, por permitirem o uso de ferramentas de desbaste maiores, promovendo uma remoção de material mais eficiente. Considerando que o dimensional manufaturado em estudo afetaria os tempos de produção, a inclusão do restante do molde como parte integrante do processo de investigação, promoveria uma alteração nos resultados obtidos, e poderia gerar ruídos quanto a real capacidade da MA e as perdas observadas relacionadas a LM.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

Uma redução significativa de resíduos foi percebida com a aplicação da MA nos processos produtivos da empresa no estudo de caso. Percebe-se essa redução comparando a massa de material removida entre os processos, onde uma

diminuição de 99% foi observada. Levando-se em consideração os custos ambientais com processos subtrativos, estes geram elevados volumes de resíduo tanto sólidos quanto líquidos. Temos não apenas os resíduos provenientes diretamente da usinagem subtrativa das cavidades, mas também um consumo de óleos para cortes, óleos para refrigeração, óleos para barramentos de maquinários entre outros que representam um problema ambiental quanto ao seu destino de descarte ou custos com reciclagem. Um estudo comparando os custos ambientais entre os 2 processos, subtrativo e aditivo, seria interessante para observar qual o impacto que esta tecnologia está causando no meio ambiente.

Um ponto que é significativo e tido pelo pesquisador como o de maior relevância no estudo de caso do presente trabalho, é a possibilidade de produzir peças personalizadas para cada cliente, com uma redução de custos e *Lead time* de produção. O ponto principal do trabalho, que levou ao seu desenvolvimento foi a necessidade de oferecer a cada cliente um produto que melhor se adapte ao seu interesse. O mesmo tipo de produto para guia fio por exemplo, como o utilizado pelo estudo de caso, alguns clientes preferem que este guia fio seja mais reforçado, mais espesso, porém, outros preferem que ele seja mais leve, mais fino. Alguns clientes tem necessidade de um produto com uma largura de trabalho maior, outros acreditam que uma largura de trabalho menor acarreta menor resistência ao fio e promove um melhor rendimento ao bobinamento. Enfim, cada cliente tem sua particularidade, cada cliente tem uma necessidade que apenas um produto personalizado pode satisfazer o seu interesse. Neste caso lotes reduzidos de peças microfundidas são necessários, e uma redução no custo de produção é fundamental para atingir este mercado. Uma investigação de outros processos que não somente a produção de moldes para microfusão poderia ser uma forma de inclinar o rumo da empresa à Indústria 4.0.

A velocidade de resposta também é fundamental neste caso, levando em consideração que a vida útil de um modelo de guia fio utilizado no mercado está reduzindo, o tempo de resposta para apresentar novos produtos e soluções é imprescindível para o sucesso do projeto. Atualmente é possível imprimir diretamente as peças de guia fio em MA, já em material de dureza e resistência elevada ao desgaste. Antes essas características nesses produtos seriam alcançados apenas pelo processo de microfusão. A relação entre os custos e velocidade de entrega desses processos de impressão direta das peças em material

adequado para guia fio, e os custos para imprimir as cavidades para microfusão poderiam ser outra porta para estudo. Qual a quantidade de peças seria necessária para justificar a confecção de um molde impresso frente a possibilidade da impressão direta das peças? Existe uma tendência a eliminar processos como é o caso da microfusão, e adotar apenas a MA como fonte de peças de reposição para indústria têxtil?

Em um futuro, uma empresa como a do estudo de caso, pode se tornar apenas uma prestadora de serviços na área de peças de reposição para indústria têxtil. Por exemplo, caso o cliente têxtil obtiver uma impressora no seu inventário, apenas para reproduzir peças para manutenção de forma personalizada e na quantidade necessária, a empresa do estudo de caso passaria apenas a fornecer o projeto e o desenho sólido de um guia fio com as novas tendências de mercado e solicitações do cliente. Apenas dados eletrônicos seriam repassados, comercializados, e acarretaria uma redução significativa em custos, processos, transportes entre outros. Seria uma revolução no fornecimento de peças para manutenção e reposição, inteiramente alinhada com o pensamento da Indústria 4.0. Um estudo mais aprofundado verificando as possibilidades, vantagens, desvantagens e viabilidades deste sistema seria um tema para próximos trabalhos.

REFERÊNCIAS

ABDi – Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial, 2019. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Cartilha Regime Tributário Competitivo para Confecção**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha_rtcc.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

ABIT- Importações Brasileiras de Máquinas e Equipamentos **Têxteis e de Confecção, 2018**. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/uploads/arquivos/IMP%20BR%20MAQ%20201808.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

ADDITIVELY. **Photopolymer Jetting (PJ)**. Disponível em: <<http://www.additively.com/en/learn-about/photopolymer-jetting#read-more>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ALUKAL, G.; MANOS, A. **Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements**. Milwaukee: Quality Press, 2006.

ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **A lógica das perdas nos sistemas produtivos: uma revisão crítica**. [S.L.], 1994 (Versão preliminar).

ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle; KLIPPEL, Marcelo. **Análise crítica do inter-relacionamento das perdas e dos subsistemas do Sistema Toyota de Produção**. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP**, 22., 2002, Curitiba. Anais do XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Curitiba, 2002.

ARAUJO, Cesar Augusto Campos de. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizando os processos de raciocínio da teoria da restrições e o mapeamento do fluxo de valor**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos –Universidade de São Paulo – São Carlos, 2004.

ASM International. **ASM Handbook - Vol.15 - Casting**. The Materials Information Company, 1992.

Aucouturier, Laurent. **Consultor fala na FIESP sobre futuro do setor têxtil e de confecção**. SÃO PAULO, FIESP, 2017. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/simmesp/noticias/consultor-fala-na-fiesp-sobre-futuro-do-setor-textil-e-de-confeccao/>>. Acesso em: 07 set. 2018.

BIDWELL, H. T. **Investment casting handbook**. Dallas: ICI, 1997. 123p. il.

BILBERG A, Hadar R (2012) **Adaptable and reconfigurable LEAN automation-a competitive solution in the western industry**. 22th international conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM), Helsinque, Finlândia.

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da Pesquisa: Monografia**, Dissertação, Tese. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Booyesen, G.; De Beer, D.; Truscott, D.; Combrinck, J.; Mosimanyane. **COMBINING ADDITIVE FABRICATION AND CONVENTIONAL MACHINING TECHNOLOGIES TO DEVELOP A HYBRID TOOLING APPROACH**. D. Annals of DAAAM & Proceedings. 2010, p1563-1564. 2p. 3 Color Photographs, 5 Charts, Base de dados: Academic Search Complete.

BORNIA, Antonio Cezar. **Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno**. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

BRESSAN, Flávio. **O método do estudo de caso**. Administração on line, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2000.

BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. London: UnwinHyman, London, 1989

CACCERE, J. P. A. **Fabricação Digital como abordagem para a Produção e Design Distribuídos**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CAMPBELL, I.; BOURELL, D.; GIBSON I. **Additive manufacturing: rapid prototyping comes of age**. RapidPrototypingJournal, v.18, n.4, p.255-258, 2012.

COHEN, Doron. **Usinagem moderna X tradicional em moldes e matrizes**. Tefen, Israel (2014). Disponível em: <<http://www.usinagem-brasil.com.br/8682-usinagem-moderna-x-tradicional-em-moldes-e-matrizes/>>. Acesso em: 31 out. 2018.

Computer Aided Technology. **3D Printing For Injection Molding**. 2014. Disponível em: <<https://www.cati.com/blog/2014/01/3d-printing-for-injection-molding/>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

Conner BP, Manogharan GP, Martof AN, Rodomsky LM, Rodomsky CM, Jordan DC, Limperos JW (2014) **Making sense of 3-D printing: creating a map of additive manufacturing products and services**. Add Manuf 1:64–76

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, Ana Cristina Rodrigues da. ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202, 2009. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1964/2/BS%2029_Panorama%20da%20cadeia%20produtiva%20t%C3%AAxtil_P.pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

COSTA, R. S. P. **Fluxo de Informação e Materiais**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Mestrado Integrado em

Engenharia Mecânica. Porto, Portugal, 2013. Disponível em: . Acessado em: 13 maio 2016.

CUSTOMPART.NET. Olney - **EUA: CustomPart Net**; Sem data de atualização; Disponível em: <<http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>>. Acesso em: 29 mar. 2010.

D´Aveni, Richard. **A REVOLUÇÃO DA IMPRESSÃO**, REVISTA HARVARD BUSINESS REVIEW, 2015. Disponível em: <<http://hbrbr.uol.com.br/a-revolucao-da-impresao/>>. Acesso em: 14 set. 2018.

D´Aveni, Richard. **PREPARE SUA ORGANIZAÇÃO PARA MANUFATURA ADITIVA**, REVISTA HARVARD BUSINESS REVIEW, 2015. Disponível em: <<https://hbr.org/2015/06/get-your-organization-ready-for-3d-printing>>. Acesso em: 14 set. 2018.

DEON, Agostinho Maria. **Medição do custo das perdas associadas ao processo produtivo de fabricação de celulose e papel. Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

DOMINGUES, Liliana Cristina Ferreira (2015). **Análise comparativa do uso de tecnologias de fabrico rápido no processo produtivo de elementos moldantes para moldes de injeção de plásticos**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.8/2531>>. Acesso em: 29 set 2018.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para o Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DRIEDRICH, Hélio. **Utilização de conceitos do Sistema Toyota de Produção na melhoria de um processo de fabricação de calçados**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

Elena Bassoli, Andrea Gatto, Luca Iuliano, Maria Grazia Violante, (2007) "**Técnica de Manufatura Aditiva aplicada à fundição rápida**", *Jornal de Prototipagem Rápida* Vol. 13 Edição: 3, pp.148-155, <<https://doi.org/10.1108/13552540710750898>>. Acesso em: 29 set 2018.

Express Machining and Molds. **Investment Casting**, 2018. Disponível em: <<http://www.expmachining.com/id4.html>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

FAVERI, F. **Identificação dos desperdícios de um serviço de emergência com a utilização da metodologia Lean Thinking**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Mestrado profissional em Enfermagem. Porto Alegre, 2013

Ford, Simon; Despeisse, Mélanie. **Examining legitimatization of additive manufacturing in the interplay between innovation, lean manufacturing and sustainability**. *Journal of Cleaner Production*, 20 November 2016, Vol.137, pp.1573-1587

FRASER, M.T.D.; GONDIM, S.M.G. **Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa**. Paidéia, v.14, n.28, p.139-152, mai./ago. 2004.

FRAZIER, W. **Metal Additive Manufacturing: A Review**. Journal of Materials Engineering & Performance, v. 23, n. 6, p. 1917-1928, jun. 2014.

FURTADO, Eduardo Jorge de Alencar Araripe. **A Gestão de Manutenção de em Empresas Têxteis de Grande Porte**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis, 2001.

GHINATO, Paulo. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Automação e zero defeitos**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GORINI, A. P. F. **“Panorama do setor têxtil no Brasil e no mundo: reestruturação e perspectivas”**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 12, p. 17-50, set. 2000.

GOTEX - **Feira Internacional de produtos Têxteis**. SÃO PAULO, 2017. Disponível em <<https://medium.com/@descartext/brasil-5%C2%BA-maior-produtor-t%C3%AAxtil-e-4%C2%BA-maior-produtor-de-vestu%C3%A1rio-do-mundo-d5dfbb9fcc25>>. Acesso em: 08 set. 2018.

GOULART, L. E. T.; BERNEGOZZI, R. P. **O uso das ferramentas da qualidade na melhoria de processos produtivos**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 16, 2010, São Paulo, SP. Anais... IEOM Conferences, São Paulo: São Paulo, 2010.

Grellmann, Dauri Alberto. **Utilização das tecnologias de estereolitografia e microfusão para aplicações em prototipagem rápida e ferramental rápido**. SANTA CATARINA, RCAAP, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/80398>>. Acesso em: 08 set. 2018

GUERRA, João Henrique Lopes. **Proposta de um protocolo para o estudo de caso em pesquisas qualitativas**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP2010. São Carlos, SP, Brasil, outubro/2010.

Hague, Prof Richard and M. Baum. **Additive Advances**.2015. Disponível em: <https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=917194>. Acesso em: 08 set. 2018.

HARRIS R, Harris C (2008) **Can automation be a lean tool?** Manuf Eng. <<http://www.sme.org>>. Acesso em: 21 out. 2018.

Homar, David; Pušavec, Franci. *Strojnicki Vestnik / Journal of Mechanical Engineering*. 2017, Vol. 63 Issue 3, p151-160. 10p. DOI: 10.5545/sv-jme.2016.3924. Base de dados: Academic Search Complete

INFORÇATTI NETO, P. **Estudo da viabilidade técnica e projeto de um mini-cabeçote de extrusão com rosca para impressoras tridimensionais portáteis**. 2013. 127p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

KAISER, Detlev. **Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção: um estudo de caso na área de revestimento de superfície**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

KANG, Jin-Wu; MA, Qiang-xian. **The role and impact of 3D printing technologies in casting**. *China Foundry* (2017) 14: 157. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s41230-017-6109-z>>. Acesso em: 29 set. 2018

KRUTH, J.P.; LEU, M.C.; NAKAGAWA, T. **Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping**, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, v. 47, n. 2, p. 525-540, 1998.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean**: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: LeanInstitute Brasil, 2003.

LECKLIDER, T. **3D printing drives automotive innovation**. *EE: Evaluation Engineering*, v. 56, n. 1, p. 16-19, 2017.

LIKER, Jeffrey k.; MEIER, David. **O Modelo Toyota: manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

Lu, Sheng. **Market Size of the Global Textile and Apparel Industry: 2015 to 2020**. Department of Fashion & Apparel Studies, University of Delaware, 2017. Disponível em: <<https://shenglufashion.com/2017/06/06/market-size-of-the-global-textile-and-apparel-industry-2015-to-2020/>>. Acesso em: 21 set. 2018.

MAHAMOOD, R. M. et al. **Revolutionary Additive Manufacturing: An Overview. Lasers in Engineering** (Old City Publishing), v. 27, n. 3/4, p. 161-178, jun. 2014.

MARSON, Michel Deliberali. **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960**. *Nova econ*. vol.24 no.3 Belo Horizonte Sept./Dec. 2014 disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/2096>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. *Prod.*[online]. 2007, vol.17, n.1, pp.216-229. ISSN 0103-6513. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MILLER, R. **Additive Manufacturing (3D Printing): Past, Present and Future**. Industrial Heating, v. 82, n. 5, p. 39-43, maio 2014.

MIZZARO, S. Relevance **The Whole History**. Journal of the American society for Information Science, v. 48, n. 9, p. 810-832, 1997.

MORANDI, Maria Isabel Wolf Motta; CAMARGO, Luis Felipe Riehs. **Revisão Sistemática da Literatura**. IN: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle. DESIGN SCIENCE RESEARCH: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. São Paulo: Bookman, 2015.P.141-172.

MUN, Jiwon; YUN, Byoung-Gwan; JU, Jaehyung; CHANG, Byuong-Moon. (2015). **Indirect additive manufacturing based casting of a periodic 3D cellular metal – Flow simulation of molten aluminum alloy**. Department of Mechanical and Energy Engineering, University of North Texas, Denton, TX 76203-5017, USA. R&D Center, Korea Lost-Wax Co., LTD, 2123-1 Chungwang-Dong, Shiheung, Gyeonggi 429-941, South Korea.

Naitove, Matthew (2014). **How Currier Putsthe 'Custom' In Custom Blow Molding**. Plastics Technology. Nov2014, Vol. 60 Issue 11, p48-53. 5p. , Base de dados: Academic Search Complete

NAZARENO, Ricardo Renovato; RENTES, Antônio Freitas; SILVA, Alexandro Lucas da. **Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos**. .In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP**, 21., 2001, Salvador. Anais doXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Salvador, 2001.

Negri, João Alberto; Salermo, Sergio Mario; Castro, Antonio Barros de. - **INOVAÇÕES, PADRÕES TECNOLÓGICOS E DESEMPENHO DAS FIRMAS INDUSTRIAIS BRASILEIRAS**. IPEA, SÃO PAULO, 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3169> >. Acesso em: 08 set. 2018.

Pimentel, Fernando. **Abit projeta recuperação moderada do setor para 2018**. SÃO PAULO, ABIT, 2018. Disponível em: <http://www.textilia.net/materias/ler/textil/mercado/abit_projeta_recuperacao_moderada_do_setor_para_2018>. Acesso em: 08 set. 2018.

Redwood, Ben. **3D PRINTING LOW INJECTION MOLDS**. 3DHUBS, 2018. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/3d-printing-low-run-injection-molds>>. Acesso em: 08 set. 2018.

ROTHER, M; SHOOK, J. (1999). **Aprendendo a Enxergar – mapeamento o fluxo de valor para agregar e eliminar o desperdício**.São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

RUBMANN, R. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015.

S. Satoglu (&) A. Ustundag E. Cevikcan MB Durmusoglu **Faculdade de Administração, Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Técnica de Istambul**, Macka, 34367 Istambul, Turquia e-mail: onbaslis@itu.edu.tr

SACCOL, Amarolinda. [et al.]. **Metodologia de pesquisa em administração: uma abordagem prática**. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2012.

SALGADO, Eduardo Gomes; MELLO, Carlos Henrique Pereira; SILVA, Carlos Eduardo Sanches da; OLIVEIRA, Eduardo da Silva; ALMEIDA, Dagoberto Alves de. **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos**. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 344-356, jul.-set. 2009.

SEURING, S.A. **Assessing the rigor of case study research in supply chain management**. *Supply Chain Management: an International Journal*, v.13, n.2, p.128-137. 2008.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E. L. & MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUSA, R. **Case Research in Operations Management**. 2005.

STANSBURY, J. W.; IDACAVAGE, M. J. **3D Printing with Polymers: Challenges Among expanding Options and Opportunities**. *Dental Materials*, v. 32, n. 1, p. 54-64, 2016.

STRATFOR GEOPOLITICAL DIARY. **Will Additive Manufacturing Replace Conventional Manufacturing?** Stratfor Geopolitical Diary, p. 20, Out. 2013

Trez, Juliano Luis; Bordin, Eduardo Schoppen. **Utilização de moldes obtidos por prototipagem rápida no processo de microfusão**. Congresso Nacional de Fundição – ABIFA. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://foundrygate.com/upload/artigos/042yMhn1CZMjznssw6CVryb3T3h8.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

TUBINO, D.F. **O Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

TURUTE, Amanda Cristiane Dultra et al. **Proposta de arranjo físico em uma indústria de remanufatura de rolos de impressora**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Rezende _ Rj, 2017.

VAN MAANEN, J. V. **The fact of fiction in organizational ethnography**. *Administrative Science Quarterly*, New York, v. 24, n. 4, 1979, 539 p.

VEIT, Douglas. **IMPACTOS DA MANUFATURA ADITIVA NOS SISTEMAS PRODUTIVOS E SUAS REPERCUSSÕES NOS CRITÉRIOS COMPETITIVOS**. Tese de Doutorado. Engenharia de Produção, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2018.

VOLPATO, N. **MANUFATURA ADITIVA: Tecnologias e aplicações da Manufatura Aditiva**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 2017.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WONG, K. V.; HERNANDEZ, A. **A Review of Additive Manufacturing**. ISRN Mechanical Engineering, 2012a.

WONG, K. V.; HERNANDEZ, A. **A Review of Additive Manufacturing**. ISRN Mechanical Engineering, p. 1-10, jan. 2012b.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 4. ED. PORTO ALEGRE: BOOKMAN, 2010.

ANEXO A - PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO VINÍCIUS SENGER PEREIRA

PROTOCOLO DE PESQUISA:

**Análise comparativa da Manufatura Aditiva frente a
subtrativa à luz do Lean Manufacturing.**

SÃO LEOPOLDO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cavidade inferior em modelamento sólido 3D.	134
Figura 2 - Cavidade superior em modelamento sólido 3D.	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados dos entrevistados.....	130
Quadro 2 – Dados das empresas.....	130

LISTA DE SIGLAS

MFV	Mapa de fluxo de valor.
FC1	Fornecedor de Matéria prima manufatura subtrativa (Alumínio).
FC2	Fornecedor de serviço de fresamento convencional (esquadrejamento e furação).
FC3	Fornecedor de serviço de Eletro Erosão por penetração.
FC4	Fornecedor de serviço de Polimento.
FC5	Fornecedor de Manufatura Aditiva (Impressão 3D).
MM	Empresa do estudo de caso.
MA	Manufatura Aditiva.

SUMÁRIO

1. DADOS SOBRE O ENTREVISTADO E ENTREVISTA:	130
1.1. DADOS DO ENTREVISTADO	130
1.2. DADOS DAS EMPRESAS	130
1.3. DADOS DA ENTREVISTA.	131
2. DADOS SOBRE A PESQUISA.....	133
2.1. SOBRE O PESQUISADOR E INSTITUIÇÃO DE ENSINO.	133
2.2. OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES.	133
3. OBSERVAÇÕES E INSTRUÇÕES GERAIS AO ENTREVISTADO.....	134
4. EMBASAMENTO TEÓRICO E POSICIONAMENTO SOBRE O ASSUNTO PARA COLETA DE DADOS.....	136
5. QUESTIONÁRIO.....	138
5.1. QUESTÃO 1:.....	138
5.2. QUESTÃO 2:.....	139
5.3. QUESTÃO 3:.....	141
5.4. QUESTÃO 4:.....	142
5.5. QUESTÃO 5:.....	143
5.6. QUESTÃO 6:.....	145
5.7. QUESTÃO 7:.....	146
5.8. QUESTÃO 8:.....	147
5.9. QUESTÃO 9:.....	147
5.10. QUESTÃO 10:.....	148
5.11. QUESTÃO 11:.....	149
5.12. QUESTÃO 12:.....	150
5.13. QUESTÃO 13:.....	151
5.14. QUESTÃO 14:.....	152
6. FINALIZAÇÃO DA PESQUISA.	154
7. PLANILHA DE CUSTOS PARA COLETA DE DADOS.....	154
8. TERMO DE COMPROMISSO.....	155

1. DADOS SOBRE O ENTREVISTADO E ENTREVISTA:

1.1. DADOS DO ENTREVISTADO

Quadro 1 – Dados dos entrevistados.

Posição no MFV	Nome	Formação	Tempo atuação na empresa	Cargo ocupado
FC1	A. Rodriguez.	Graduanda em Adm. de Empresas	5 anos	Gerente vendas
FC2	R. Bock.	Técnico Mecânica	40 anos	Gerente produção
FC3	L. Silva	Engenheiro Mecânico	15 anos	Gerente produção
FC4	L. Souza	Técnico Mecânico	20 anos	Gerente produção
FC5	E. Brock	Técnico Informática	1 ano	Diretor / Gerente produção
MM	G. Pereira	Graduação em Eng. Mecânica	10 anos	Gerente produção

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2. DADOS DAS EMPRESAS

Quadro 2 – Dados das empresas.

Posição no MFV	Nome da empresa	Ramo atividade da empresa	Nº de funcionários	Endereço da empresa
FC1	M.R.	Comércio de não metais	12	Novo Hamburgo – RS
FC2	R.B.M.	Metalúrgica	2	Portão – RS
FC3	C.M.	Matrizaria	8	Novo Hamburgo – RS
FC4	P.S.	Polimento de metais, moldes e matrizes.	8	Novo Hamburgo – RS
FC5	3.D.	Impressão 3D	1	Novo Hamburgo – RS
MM	M.M.	Metalúrgica	7	São Leopoldo - RS

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3. DADOS DA ENTREVISTA.

Data início entrevistas: O primeiro contato com todos os fornecedores e participantes do processo investigativo ocorreu em 09/04/2019. As entrevistas em si ocorreram entre 23/04/2019 e 13/05/2019.

Tipo de entrevista: Mediada (contato eletrônico e telefônico)

Forma de registro: Anotação

Confidencialidade: NÃO DIVULGAR NOMES DIRETOS DE PESSOAS OU DA EMPRESA NO REGISTRO PUBLICADO.

DETALHAMENTO SOBRE OS PROCESSOS QUE SERÃO SOLICITADOS DADOS NO QUESTIONÁRIO:

No processo atual, que estuda o modelo subtrativo de produção, será solicitado ao entrevistado buscar dados históricos relativos a moldes similares fabricados anteriormente ao uso da Manufatura Aditiva. Estes moldes fabricados anteriormente pelo processo subtrativo, serão utilizados como base para coleta dos dados que serão necessários para responder o questionário solicitado.

No processo futuro, onde a Manufatura Aditiva foi inclusa, os entrevistados envolvidos neste processo devem responder as perguntas com base nos dados provenientes da produção das cavidades solicitadas pelo entrevistador.

Na sequência é descrito o qual função cada entrevistado possui no MFV atual e futuro, e quais dados serão necessários para responder o questionário.

FC1 no processo atual = Dados sobre fornecimento de matéria prima em Alumínio 5250. Um bloco com 106x81x22,22(mm) e outro bloco com 106x81x38,1(mm). Peso aproximado de 1,4Kg.

FC1 no processo futuro = NÃO POSSUI FUNÇÃO.

FC2 no processo atual = Dados sobre serviço de esquadrejamento, furação e pré-desbaste em blocos de alumínio. Total de 2 cavidades, sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviços realizados anteriormente pelo fornecedor entrevistado. Utilizar dados do último serviço similar prestado relativo a moldes para microfusão para empresa MM.

FC2 no processo futuro = Dados sobre serviço de furação de extração realizado em cavidades impressas em 3D no material ABS. Total de 2 cavidades,

sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviços realizados anteriormente pelo fornecedor entrevistado.

MM no processo atual = Serviço de usinagem das cavidades, e arredondamentos laterais para encaixe em porta-molde. Total de 2 cavidades, sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviços realizados anteriormente pelo setor entrevistado. Utilizar dados do último serviço similar prestado relativo a moldes para microfusão para empresa MM.

MM no processo futuro = NÃO POSSUI FUNÇÃO.

FC3 no processo atual = Serviço de eletro erosão por penetração para confecção de cantos vivos, e detalhes profundos de difícil acesso à ferramentas de usinagem. Total de uma peça, com padrão dimensional e geométrico similar a serviços já prestados anteriormente pelo fornecedor entrevistado. Utilizar dados do último serviço similar prestado relativo a moldes para microfusão para empresa MM.

FC3 no processo futuro = NÃO POSSUI FUNÇÃO.

FC4 no processo atual = Serviço de polimento em cavidades para matriz de guia fio para microfusão. Total de 2 cavidades, sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviços realizados anteriormente pelo fornecedor entrevistado. Utilizar dados do último serviço similar prestado relativo a moldes para microfusão para empresa MM.

FC4 no processo futuro = Serviço de polimento ou acabamento de superfícies nas cavidades impressas em 3D no material ABS. Total de 2 cavidades, sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviços realizados anteriormente pelo fornecedor entrevistado.

FC5 no processo atual = NÃO POSSUI FUNÇÃO.

FC5 no processo futuro = Serviço de Manufatura Aditiva ou Impressão 3D das cavidades para moldes de microfusão. Total de 2 cavidades, sendo uma superior e outra inferior, ambas com padrão dimensional e geométrico de serviço realizado anteriormente pelo fornecedor entrevistado. Utilizar dados do serviço prestado relativo a moldes para microfusão para empresa MM.

2. DADOS SOBRE A PESQUISA.

2.1. SOBRE O PESQUISADOR E INSTITUIÇÃO DE ENSINO.

Nome do pesquisador: João Vinícius Senger Pereira

Email pessoal: emaildovinicius@brturbo.com.br

Tipo de pesquisa: Trabalho de Conclusão de Curso referente à Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Etapa atual da pesquisa: COLETA DE DADOS.

2.2. OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES.

Objetivo da pesquisa: Analisar o impacto produtivo do uso da Manufatura Aditiva em uma linha de produção totalmente conduzida pelo processo Subtrativo. Um estudo de caso em uma empresa do ramo metalúrgico.

Contribuições (benefícios) da pesquisa: Promover uma visão estruturada sobre as vantagens e desvantagens do uso da Manufatura Aditiva aplicado em um campo de produção onde a Manufatura Subtrativa é predominante. Reforçar a necessidade de evolução constante do sistema produtivo das empresas para a manutenção da competitividade, reduzindo as perdas produtivas.

3. OBSERVAÇÕES E INSTRUÇÕES GERAIS AO ENTREVISTADO.

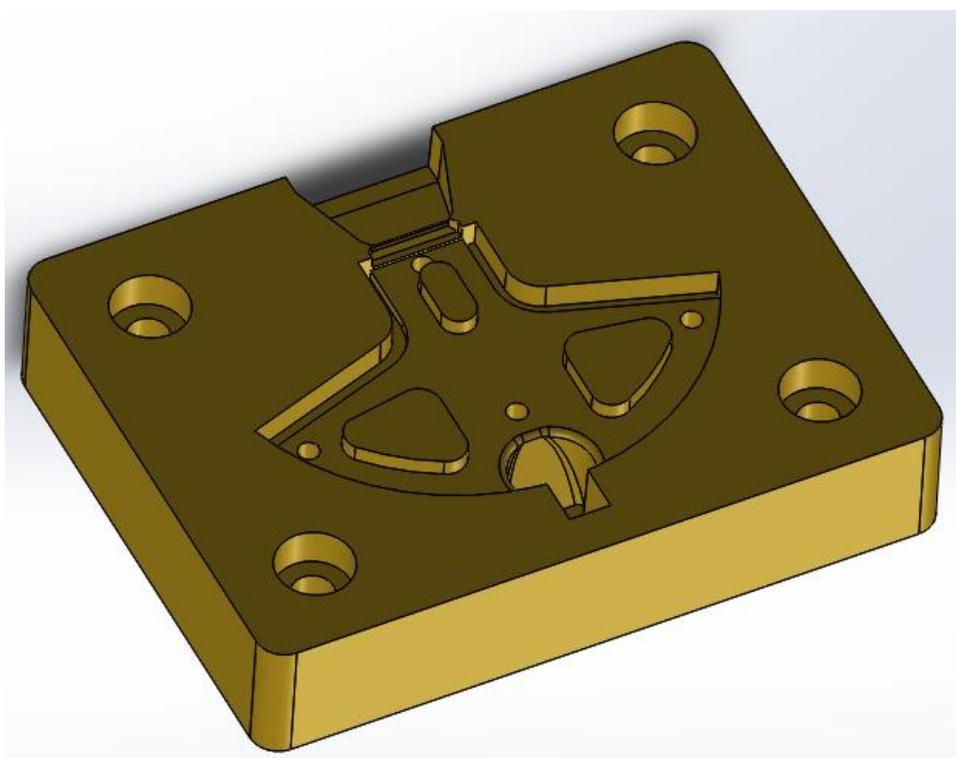
Será realizado um primeiro contato via telefone ao qual será exposto o objetivo geral do trabalho e verificação da possibilidade de ser realizada a entrevista para obtenção dos dados.

Para coleta de dados será necessário realizar uma busca no histórico do sistema da empresa, a fim de se obter informações relacionadas ao processo solicitado.

O processo solicitado é relacionado a confecção do molde para microfusão, similar a outros já fabricados, cujo desenho ilustrativo segue na Figura 1 e na Figura 2. Os dimensionais externos das cavidades são respectivamente 100x75x20(mm) para cavidade inferior e 100x75x35(mm) para cavidade superior.

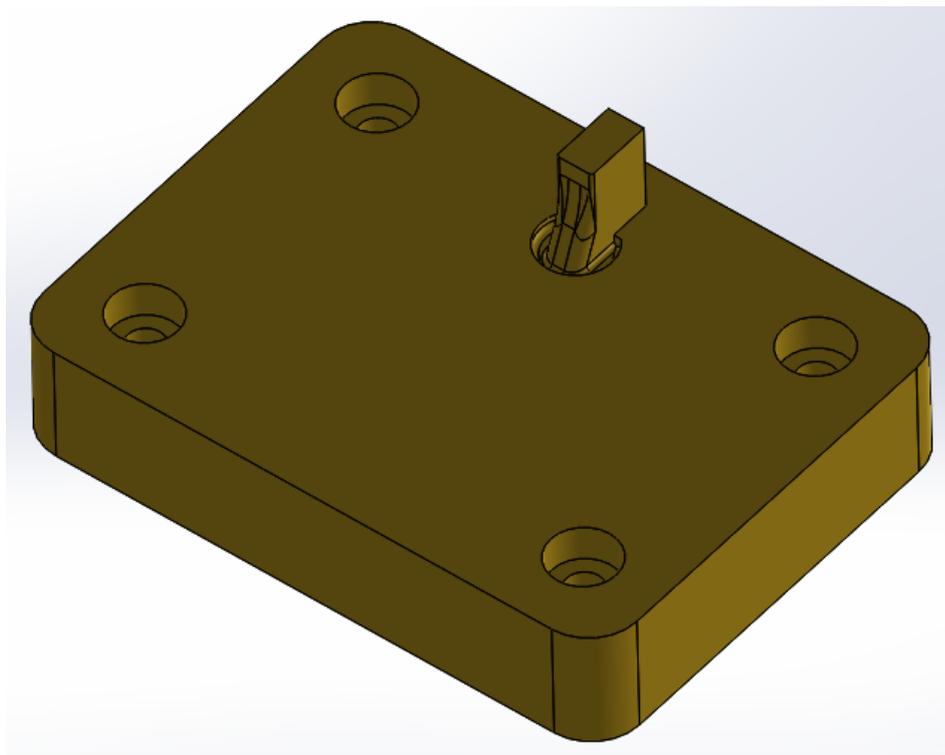
Os serviços que serão solicitados os dados a cada entrevistado estão descritos no item 1.5.

Figura 24 - Cavidade inferior em modelamento sólido 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 25 - Cavidade superior em modelamento sólido 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Nesta entrevista é bem-vindo a exposição de informações complementares que o entrevistado julgue importante adicionar às respostas. O entrevistado está livre para expor exemplos, questionar, gerar comentários, tendo a certeza de que seus nomes, nome da empresa e dados considerados por ele como sigilosos não serão expostos no documento publicado.

O entrevistador fará anotações escritas referente aos pontos informados pelo entrevistado, e, portanto, pode gerar certa demora na transcrição dos dados. Devido a este fator, pode ser necessário que o entrevistado repita alguma resposta para complementar a coleta dos dados.

Em um primeiro momento será enviado as questões por correio eletrônico, e o entrevistado terá o tempo necessário para buscar os dados solicitados pela investigação. A partir do momento que este se julgar apto para responder as perguntas, será realizado uma ligação telefônica, onde abertamente será debatido o assunto, respondidas as questões e coletados os dados desejados.

4. EMBASAMENTO TEÓRICO E POSICIONAMENTO SOBRE O ASSUNTO PARA COLETA DE DADOS.

Lean Manufacturing, também conhecida como Manufatura Enxuta, se desenvolveu através do Sistema Toyota de Produção. Segundo Ohno apud Shingo (1996), a metodologia utilizada pela Toyota como linha de pensamento e trabalho é analisar a linha do tempo existente a partir da entrada do pedido até o recebimento do dinheiro pelo pagamento, e eliminar os desperdícios e processos que não agregam valor ao cliente.

O objetivo do Sistema Toyota é maximizar a produção através do aprimoramento contínuo dos processos produtivos e redução constante das perdas envolvidas “eliminar desperdícios significa analisar todas as atividades realizadas na fábrica e descontinuar as que não agregam valor a produção” (CORRÊA & CORRÊA, 2012). Dentro desta linha, Shingo (1996), destaca as 7 principais perdas a serem analisadas dentro do sistema produtivo:

a) Perda por superprodução (tudo que é produzido em excesso e que depois é descartado, como por exemplo o sobremetal em matérias primas).

b) Perda por espera (tempo que o material fica parado aguardando entre um processo e outro).

c) Perda por transporte (distância e tempo gasto com movimentos de matéria prima, materiais acabados e semi-acabados).

d) Perda por processamento em si (processos realizados e que não agregam valor ao produto desejado no processo).

e) Perda por estoque (todo material que fica parado em estoque e não gera lucro, ao contrário, gera despesas).

f) Perda por movimento (distância e tempo gasto com movimentações de funcionários para realização de uma atividade).

g) Perda por defeito (pior das perdas, ocorre devido a falta de controle de qualidade sobre lotes de elevadas quantidades, pode elevar as chances de ocorrer devido relativo ao número de trocas de máquinas, pressets, ets realizados no processo).

A Manufatura Aditiva, também conhecida como Impressão 3D, possui um diferencial produtivo no que diz respeito a etapas construtivas. Possui um princípio de deposição de material camada por camada, seguindo as orientações geométricas

de um modelo sólido em 3D (VOLPATO, 2017). Desta forma, trata-se de um processo enxuto, e de menor geração de resíduos se comparado a Manufaturas Subtrativas, onde um simples processo de furação por exemplo, gera remoção de matéria prima, resíduos, cavacos, etc (MAHAMOOD et al., 2014).

5. QUESTIONÁRIO.

Para responder o questionário é necessário ler as perguntas e verificar onde buscar os dados que são solicitados. Assim que o entrevistado se sentir à vontade para responder as questões de forma direta com o entrevistador, mediante uma ligação telefônica, será realizado a entrevista de fato. As respostas serão descritas conforme o direcionamento da conversa. Alguns detalhes além do solicitado também serão incluídos nas respostas.

5.1. QUESTÃO 1:

Qual a quantidade de perda da matéria prima para atingir as medidas e formas solicitadas no processo? (em mm³, peso ou afins).

FC1 ATUAL = No geral as placas em alumínio possuem dimensional de 1250x3000, dependendo da espessura. Como é vendida em recortes quadrados e retangulares, considerando a perda também dos cavacos gerados pela serra, a perda em média chega a 8% do total da chapa. Considerando que as peças pesam juntas pesam aproximadamente 1,387kg, pode-se dizer que um valor de 0,111kg foi perdido, ou removido no processo de corte na empresa.

FC1 FUTURO = NÃO TEM FUNÇÃO.

FC2 ATUAL = O entrevistado disse não saber exatamente o valor de perda de material removido. Dessa forma o cálculo de remoção de material foi realizado por meio de desenho 3D no SolidWorks. Foi desenhado as peças com dimensional bruto e pesadas virtualmente na opção de material alumínio. Posteriormente foram redesenhadas com o dimensional do processo de esquadreamento e furações realizados e pesado novamente de forma virtual na opção de material alumínio. Dessa forma o valor que se encontrou de remoção de material é de 0,282kg.

FC2 FUTURO = Praticamente não houve remoção de material na furação das cavidades impressas. O furo já veio pré-aberto e o cavaco que resultou não tem nem como pesar numa balança. Praticamente nulo a perda.

FC3 ATUAL = a remoção de material pela eletro erosão em uma peça com este dimensional é ínfima. Em termos de valores removidos deve representar de 1 a 5 gramas.

FC3 FUTURO = NÃO TEM FUNÇÃO.

FC4 ATUAL = a remoção de material pelo processo de polimento é impossível de calcular, o material removido é pó, e em pequenas quantidades.

FC4 FUTURO = mesma situação do material em alumínio, resíduo em pó, praticamente impossível de pesar.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Perda considerada nula, menos de 1 grama. É impressa apenas uma linha para limpeza do bico antes de começar a imprimir.

MM ATUAL = Neste processo, levando em consideração que a peça vem esquadrejada do fornecedor anterior, serão realizados os furos, cavidades em si e os raios de encaixe externo. Levando em consideração o material Alumínio 5052 utilizado como padrão para este tipo de peça. Na cavidade inferior a massa removida foi de aproximadamente 32 gramas na cavidade superior a massa removida foi de aproximadamente 312 gramas. Calculando via software, a remoção de material para usinagem das cavidades em peso é 0,344kg.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.2. QUESTÃO 2:

Por quantos *pressets* de máquinas o produto passou dentro deste processo até atingir as dimensões ou formas solicitadas? Quantos funcionários tem contato direto com o processo produtivo?

FC1 ATUAL = Em geral são 2 a 3 cortes por placa para obter peças quadradas ou retangular. Neste caso seriam 2 cortes e cada corte a placa precisa ser reposicionada na mesa. 4 *pressets* de máquina ao total. 2 funcionários fazem este serviço ao total, um transporta as placas e posiciona, e o outro faz os cortes e confere as medidas.

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = É necessário fixar os blocos uma vez cada lado para esquadrear, e mais uma vez para furar. Cada vez é um preset de máquina. Total de 7x por bloco, nesse caso 14x para as 2 peças. Somente 1 funcionário entra e contato com as peças.

FC2 FUTURO = somente lado da furação, 2x ao total para os 2 blocos. Mesma pessoa faz sempre esta função.

FC3 ATUAL = 1 fixação apenas na máquina de eletro erosão, porém, para confecção do eletrodo necessário, são necessários mais pressets. No mínimo mais 1 preset para usinar o eletrodo em CNC. Total de 2 pressets. Existem 3 pessoas que entram em contato com o processo produtivo, 1 programador do cnc, e 1 operador do cnc e outro operador das máquinas de eletro erosão por penetração e a fio.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = O polimento é basicamente manual, é utilizado uma máquina retífica manual, e o restante é feito com bastões à mão. Considerando desta forma são 2 pressets de máquina por cavidade, total de 4. Somente 1 trabalha fazendo uma matriz do início ao fim do polimento.

FC4 FUTURO = O polimento através da máquina retífica manual não foi possível devido a elevada rotação e abrasão que possui, para material plástico não foi possível utilizá-la pois acaba derretendo a peça. Apenas acabamento com bastões abrasivos à mão foram realizados. Pode-se dizer 1 preset por cavidade, somente para fixar a cavidade na mesa de trabalho. Mesmo processo foi utilizado, 1 funcionário faz todo o processo.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Trocar ou limpar o vidro base da impressão, trocar o rolo de impressão, passar cola em bastão na base de vidro para iniciar a impressão,. São os 3 processos ligados à impressora que podem ser entendidos como preset de máquina antes de iniciar o processo com as peças em estudo. 1 pessoa programa e opera a máquina.

MM ATUAL = Para usinagem das cavidades cada peça é fixada uma única vez no centro de usinagem. Tem apenas uma pessoa que programa e opera o centro de usinagem.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.3. QUESTÃO 3:

Quantos *pressets* de ferramentas foram necessários para realizar o processo completo e atingir as dimensões ou formas solicitadas?

FC1 ATUAL = Se não estiver quebrada a serra, não existe *presset* de ferramenta.

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = São usadas 4 ferramentas por bloco, uma fresa diâmetro 100mm para esquadrear, uma broca de centro, uma broca de 3,8mm e um alargador de 4mm. Cada vez que troca de ferramenta tem que ajustar rotação, posição, etc. O esquadreamento é feito em sequência nas 2 peças, mas a furação e alargador é individual e sem tirar a peça da máquina. Tem que refazer *presset* para broca de centro, broca e alargador 2x. Total de 7 *presset* de ferramentas.

FC2 FUTURO = Somente alargador diâmetro 3mm. 1 *presset* para as 2 peças.

FC3 ATUAL = Para realizar o processo de eletro erosão, considerando o eletrodo como ferramenta de desbaste, depende do número de eletrodos para dizer quantos *pressets* de ferramentas teremos. No caso da peça do desenho, os cantos vivos e os detalhes mais profundos e estreitos podem ser divididos em 3 eletrodos. Portanto, 3 *pressets* de ferramenta. Se somarmos aos *pressets* necessários para execução da usinagem dos eletrodos, teremos mais 3 ferramentas com procedimento de *presset* no centro de usinagem. Total seria de 6 *pressets* de ferramentas até chegar ao resultado final.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = Se considerar cada troca de grão de pedra, e cada troca de grão de lixa como um *presset* de ferramenta, temos uma média de 2 pedras de polimento e 3 tipos de lixa aproximadamente para chegar ao acabamento liso e polido. Como é trabalhado individualmente cada cavidade, cada cavidade passa pelo mesmo processo de troca de 5x de ferramentas de abrasão e polimento. Total de 10 *pressets* de ferramentas.

FC4 FUTURO = Somente 3 tipos lixa foram usados, de granulometria diferentes. Total de 6 *pressets*.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Não existe presset de ferrametas diretamente, apenas a limpeza do bico de impressão. Pode-se considerar a limpeza do bico como uma preparação de ferramenta de impressão, neste caso seriam 2 pressets de ferramenta ao total, um para cada cavidade.

MM ATUAL = Na cavidade superior foram utilizadas 1 ferramenta de desbaste e 2 de acabamento. Na cavidade inferior foram utilizadas 1 ferramenta de desbaste e 3 de acabamento. 7 ao total.

MM FUTURO=NÃO TEM.

5.4. QUESTÃO 4:

Qual o tempo efetivo de realização do(s) processo(s) e por quanto tempo o produto esteve parado, em espera, incluindo o tempo de *presset* de máquinas e ferramentas?

FC1 ATUAL = A partir da confirmação do pedido, a empresa geralmente disponibiliza para retirada dentro de um período de 6 horas. Porém, o produto geralmente é retirado pela empresa MM em 24 horas após o pedido efetuado. Dentro deste período de 24 horas, o processo de corte é efetuado. O tempo do processo de corte total é de aproximadamente 10 minutos para estes 2 blocos. Tempo total de 0,17 horas processo em si, 23,83 horas

FC1 FUTURO = NÃO TEM

FC2 ATUAL = Fresamento e esquadrear 6 lados mais furação com passagem de alargador leva em torno de 2 horas por peça. Total de 4 horas. Como o serviço é entregue geralmente 24 horas depois de recebido os blocos brutos, o tempo de espera é 20 horas.

FC2 FUTURO = Furos somente passagem de alargador consome um tempo de aproximadamente 20 minutos cada peça. Total de 40 minutos, ou 0,67 horas. Como a peça é deixada em um dia e retirada no outro, o tempo de espera é de 23,33 horas.

FC3 ATUAL = Tempo de erosão em si não é alto, para estes cantos vivos e os detalhes mais profundos estreitos, o tempo total para erosão é de 2 horas. Como temos apenas uma máquina de erosão por penetração é necessário um período de

48 horas aproximadamente para conseguirmos um encaixe e entregar o serviço. Um processo importante é enviar o desenho antecipadamente para que os eletrodos já sejam confeccionados e estejam disponíveis assim que as cavidades chegarem para o processo, apenas aguardar vaga na máquina.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = O polimento das cavidades leva um total de 4,5 horas. Para entrega do pedido deste porte geralmente é pedido 48 horas para entrega. Desse modo são 43,5 horas de espera e 4,5 de processo.

FC4 FUTURO = Mesmo tempo calculado pelo processo atual. Apesar de ser um material mais macio, precisou ser totalmente feito à mão, sem a opção de uso de máquinas pois causavam derretimento do material devido ao atrito, abrasão e velocidade de rotação.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = A impressão em si de cada cavidade levou 4 horas. Sendo que entre o pedido e a retirada foram quase 24 horas de intervalo. Total 8 horas de trabalho, 16 horas de espera.

MM ATUAL = Até entrar em processo realmente, o produto precisa aguardar um "encaixe" no processo produtivo, em média é de um dia para o outro, mas depende da urgência imposta pela direção. Já quando entra em processo é rápido, entre *pressets* de máquinas e ferramentas o tempo consumido é de aproximadamente 20 minutos por peça. E o tempo de usinagem para peças deste porte e desenho em média é de no máximo 2 horas por cavidade. Em geral, os blocos esquadrejados chegam e em menos de 48 horas já estão prontos, sendo encaminhados para o próximo processo. Processo em si: 4,66 horas e tempo parado total 43,33 horas.

MM FUTURO=NÃO TEM.

5.5. QUESTÃO 5:

Qual a distância total percorrida pelo produto ou matéria prima do produto, dentro do setor/fornecedor desde a sua chegada até a sua saída, com o intuito de atingir as dimensões ou formas solicitadas? Responder em metros ou similar.

FC1 ATUAL = Na empresa fornecedora da matéria prima em alumínio, as placas chegam da distribuidora, seguem para o pallet de estoque. Depois são retiradas para o corte na serra a fita e seguem para aguardar retirada no setor de expedição. Este trajeto soma aproximadamente 50 metros

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = O percurso dentro da empresa é pequeno, todo o trajeto não passa de 18 metros.

FC2 FUTURO = O mesmo percorrido por qualquer peça. A peça entra, vai pra mesa de espera, depois vai para máquina fresadora ferramenteira, segue para a mesa de expedição aguardar retirada. 18 metros no máximo.

FC3 ATUAL = As cavidades sozinhas percorrem uma distância da entrada, recebimento, máquina de eletro erosão e expedição e saída. Distância fica em torno de 40 metros no total levando em consideração o dimensionamento do pavilhão.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = Entre o percurso de trabalho, e o local de alocar as peças prontas existe uma distância de aproximadamente 6 metros até a mesa de trabalho e outros 6 metros de volta. Total de 12 metros.

FC4 FUTURO = Mesmo trajeto calculado pelo sistema com os blocos de alumínio. 12 metros.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Considerando o deslocamento do rolo de matéria prima até a impressora e depois o deslocamento da peça impressora até a prateleira de expedição, são 8 metros no total.

MM ATUAL = A empresa é pequena, o percurso do balcão de recebimento até o centro de usinagem é de aproximadamente 6 metros, cada peça é deslocada até lá e depois segue para o balcão de retirada, onde são os mesmos 6 metros. 12 metros ao total.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.6. QUESTÃO 6:

Existe algum processo paralelo, com ou sem o uso de outras matérias primas, ou uso de recursos que não sejam as do produto em processo, e que seja necessário realizar a fim de atingir o dimensional ou forma solicitada no setor/fornecedor? Considerar período de verificação desde a entrada do produto no setor/fornecedor até a sua saída.

FC1 ATUAL = Não existe processo paralelo produtivo. Apenas movimentação do sistema, alimentação de planilhas de estoque, etc. Nesse caso não foi considerado como tempo de processamento paralelo.

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = Processo paralelo não tem, a não ser que ocorra o desgaste de uma ferramenta, como uma broca, que tem que parar e afiar. Nesse caso não foi considerada como processo paralelo, e sim um preset adicional de ferramenta ao processo.

FC2 FUTURO = Não existiu.

FC3 ATUAL = Existe um processo que se inicia antes de receber a peça para eletro erosão que é a confecção dos eletrodos. Com desenhos em mãos do serviço a ser realizado, é necessário idealizar uma forma de construir estes eletrodos, usiná-los, e deixá-los prontos para erosão do produto quando chegarem na máquina de eletro erosão por penetração.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = Não existe nenhum processo produtivo paralelo.

FC4 FUTURO = Não existiu.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Como processo paralelo existe a necessidade de programação da impressão apenas. É realizada antes de iniciar o processo produtivo em si, geralmente enquanto uma outra peça está sendo impressa. Isto significa que enquanto as cavidades estavam sendo impressas, estava sendo gerado outros programas de impressão de outras peças.

MM ATUAL = Não existe processo que necessite matéria prima, mas a programação necessária para realizar a usinagem no centro de usinagem demanda tempo e estratégia envolvendo as ferramentas que temos disponíveis. Este processo

para peças deste modelo já são padrões e repetitivas, o tempo médio para gerar a programação completa é de no máximo 1 hora por cavidade. Este processo é realizado enquanto a peça aguarda "vaga" para entrar em produção.

MM FUTURO=NÃO TEM.

5.7. QUESTÃO 7:

Caso exista um processo paralelo, qual custo deste processo? Quais recursos ele utiliza para ser efetuado?

FC1 ATUAL = 0

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = 0

FC2 FUTURO = 0

FC3 ATUAL = Para confecção dos eletrodos é necessário material de grafite ou cobre eletrolítico. Geralmente é reutilizado algum material, e feito uma usinagem para adequar ao processo desejado. A usinagem geralmente para este tipo de peça solicitada pela MM é realizada em centro de usinagem. Para um modelo como o último realizado gerou, em material, tempo e maquinário, um custo de aproximadamente R\$120,00 do orçamento total.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = 0

FC4 FUTURO = 0

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = A programação de peças como estas impressas levam em torno de 15 minutos para ficar prontas, e comparando com o custo total da impressão, ela gera um valor de aproximadamente R\$24,00 para as duas cavidades.

MM ATUAL = O custo hora do centro de usinagem é de aproximadamente 100 reais a hora, e a programação apenas depende de um funcionário, computador e programa que ele trabalha. De acordo com as informações obtidas pela diretoria, pode-se dizer que este custo de programação gira em torno de 25% do custo total do centro de usinagem. Total de R\$50,00.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.8. QUESTÃO 8:

Caso exista um processo paralelo, qual tempo gasto para realizá-lo?

FC1 ATUAL = 0

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = 0

FC2 FUTURO = 0

FC3 ATUAL = 2 horas para uma peça similar.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = 0

FC4 FUTURO = 0

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Tempo de 15 minutos no total para as duas cavidades. 0,25 horas.

MM ATUAL = Uma hora por cavidade, 2 horas ao total.

MM FUTURO=NÃO TEM.

5.9. QUESTÃO 9:

Se houver fornecimento de matéria prima no processo pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o dimensional existente (em metros quadrados) para estocar a linha de matéria prima utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?

FC1 ATUAL = As placas de Alumínio 5052 possuem dimensional de geralmente 1250x3000, mas pode variar de acordo com a espessura e fornecedor. As espessuras variam entre 1mm até 500mm, e a área que destinamos para estoque deste tipo de material é de aproximadamente 200m².

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = 0

FC2 FUTURO = 0

FC3 ATUAL = Somente o estoque de grafites e eletrodos. Se resume a uma prateleira que ocupa uma área de 0,4x1m. Total de 0,4m²

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = 0

FC4 FUTURO = 0

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Possui uma espécie de mini pallet onde estão as caixas com rolos de impressão de material ABS, PLS e 3 tipos de cores diferentes. Geralmente se precisa de algo diferente é comprado just in time, pois segundo o entrevistado, o frete é baixo e a entrega é rápida. Tamanho do pallet 1x1m.

MM ATUAL = NÃO TEM.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.10. QUESTÃO 10:

Se houver fornecimento de matéria prima pelo setor/fornecedor dentro do processo solicitado. Qual o valor imobilizado (em R\$) de estoque de matéria prima referente a linha utilizada para atingir o dimensionamento ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor?

FC1 ATUAL = O valor investido atualmente em placas de alumínio desta composição química em estoque gira em torno de R\$25.000,00

FC1 FUTURO = NÃO TEM

FC2 ATUAL = 0

FC2 FUTURO = 0

FC3 ATUAL = É difícil de calcular, mas o valor em cobres e grafites deve ser algo em torno de R\$1.000,00.

FC3 FUTURO = NÃO TEM

FC4 ATUAL = 0

FC4 FUTURO = 0

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = No momento da impressão das peças, o estoque era de aproximadamente R\$700,00.

MM ATUAL = NÃO TEM.

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.11. QUESTÃO 11:

Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o tamanho da área (em metros quadrados) destinada a estocar as ferramentas utilizadas no processo em estudo?

FC1 ATUAL = Como ferramentas do processo existe a serra fita que fica inserida na máquina e uma lixadeira de mão para quebrar possíveis cantos cortantes em alguns casos. Ficam estocados no almoxarifado que mede aproximadamente 2,7x5m. Total de 13,5m².

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = Prateleira com bancada de aproximadamente 0,5x1,5m. Total de 0,75m².

FC2 FUTURO = Mesmo utilizado em ambos os casos.

FC3 ATUAL = Ferramentas de usinagem dos eletrodos estão guardadas em um armário fechado com chave, juntamente com as pastilhas de metalduro devido ao valor estimado e controle interno. Este armário possui aproximadamente uma área ocupada de 1m². Porém, como o uso direto nas cavidades como ferramenta foi utilizado apenas o eletrodo. Temos que considerar o local de estoque o mesmo como o da área de matéria prima para estoque utilizada pelo processo paralelo de 0,4m². Total de 1,4m².

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = O armazenamento de lixas, pedras de polimento e pastas para brilho ficam dentro de 2 armários com aproximadamente 0,5x2m cada um. Total de 2m².

FC4 FUTURO = Mesmo utilizado em todos os casos não há outro tipo de estoque de ferramentas.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = As ferramentas utilizadas no processo foram um bastão de cola, uma esponja de cozinha, uma espátula. Todas ficam guardadas no armário abaixo da mesa de operação. Área de no máximo 0,5m².

MM ATUAL = Para armazenar o ferramental utilizado para usinagem no centro de usinagem é utilizado um armário de 0,8x0,25metros e uma prateleira de 0,5x1 metro. Total de 0,7m².

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.12. QUESTÃO 12:

Se houver uso de ferramentas para atingir o dimensional ou forma solicitada pelo processo no setor/fornecedor. Qual o valor (em R\$) imobilizado em ferramentas que foram utilizadas no processo para atingir o dimensional ou forma solicitada no processo?

FC1 ATUAL = O valor de uma serra fita para esta máquina é em torno de R\$497,00. É uma lâmina fechada de mais de 6 metros de comprimento. Algumas vezes é realizado apenas o reparo de solda caso ela quebre em algum ponto durante o trabalho. A empresa que fornece a lâmina não cobra pelas soldas para recuperar as lâminas.

FC1 FUTURO = NÃO TEM

FC2 ATUAL = Para esquadrear alumínio é utilizado uma ferramenta de apenas uma pastilha soldada. Segundo o entrevistado este sistema ajuda a não esquentar o bloco de alumínio, promovendo um acabamento melhor, bem como melhor confiabilidade nas medidas. Também é usado uma broca de centro (R\$24,00), uma broca diâmetro 3,8mm (R\$10,00) e um alargador de 4mm (R\$90,00) de diâmetro para os furos dos extratores. A fresa diâmetro 100 de uma pastilha é de fabricação caseira, porém uma equivalente custa em torno de R\$120,00 para fabricação segundo o entrevistado. A fresa diâmetro 100mm, a broca de centro, a broca e o alargador somados geram um custo de R\$244,00.

FC2 FUTURO = Neste caso somente o alargador foi utilizado juntamente com broca diâmetro 3,8mm. Total de R\$

FC3 ATUAL = Se formos contabilizar as ferramentas utilizadas para a confecção do eletrodo podemos citar uma fresa metalduro diâmetro 10mm (R\$180,00), uma fresa metalduro de 3mm (R\$55,60) e uma fresa esférica de metalduro de diâmetro 3mm também (R\$55,60). Total de R\$291,00.

FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = Para acabamento e polimento de uma cavidade padrão de guia fio da empresa MM, é utilizado em geral de 3 a 4 folhas de lixa, pasta para polimento, pedras de desbaste e manta abrasiva da 3M. O valor das lixas é em torno de 1 real por folha, a manta abrasiva sai por R\$40,00, e as pedras de desbaste, uma apenas é usada e custa em torno de R\$2,50 a unidade. Total de R\$46,50 em ferramentas de abrasão que é necessário ter em estoque para realizar o serviço da MM.

FC4 FUTURO = Somente as lixas. R\$4,00 total.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = As ferramentas utilizadas no processo foram um bastão de cola (R\$11,25), uma esponja de cozinha para limpeza e preparação da mesa (R\$4,19), uma espátula de aço para retirada da peça impressa que fica colada na mesa após o termino da impressão (R\$19,90). Total de R\$35,34.

MM ATUAL = As ferramentas utilizadas no processo e que estão em estoque para este tipo de situação são 1 ferramenta pastilheira de 2 cortes diâmetro 25mm marca Lâmina, suporte valor de R\$250,00, o valor das pastilhas de código RDMW1204 é de R\$32,00 cada. O restante do processo seria realizado com ferramentas de metalduro inteiriço com diâmetros de 10mm, 4mm, 2mm e 1mm. Estas ferramentas somam um valor total de R\$342,00. Total de R\$656,00

MM FUTURO = NÃO TEM.

5.13. QUESTÃO 13:

Qual o custo total do processo? (R\$)

FC1 ATUAL = Para fornecimento destes 2 blocos o valor seria R\$33,00

FC1 FUTURO = Não tem.

FC2 ATUAL = Esquadrejamento e furação de extratores no alumínio sempre é cobrado uma média de R\$90,00 pelo par superior e inferior.

FC2 FUTURO = É cobrado o valor mínimo de 1 hora, R\$45,00. Levou menos tempo que isso para repassar a broca e alargador nos furos já existentes.

FC3 ATUAL = O valor cobrado para este tipo de serviço é em torno de R\$250,00.

FC3 FUTURO = NÃO TEM

FC4 ATUAL = Para polir cavidades em alumínio o valor é de R\$180,00 o par superior e inferior deste tipo de produto.

FC4 FUTURO = Não foi possível dar acabamento polido nas cavidades em ABS, apenas o processo de lixamento foi efetuado totalmente manual. O tempo deveria ser menor, porém o acabamento da peça impressa demanda mais trabalho. Valor fica o mesmo do alumínio R\$180,00.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Valor total de R\$120 as duas cavidades.

MM ATUAL = O custo total do processo que é utilizado nos cálculos de composição financeira da empresa é apenas o projetado pela usinagem em centro de usinagem. Neste caso soma-se os tempos de *presset* ao tempo estimado de usinagem, e o valor é multiplicado pelo valor hora da máquina em questão. Total de R\$466,00 neste caso.

MM FUTURO = NÃO TEM

5.14. QUESTÃO 14:

Qual o valor imobilizado aproximado dos maquinários envolvidos na execução do processo solicitado? (R\$) E qual a área ocupada aproximada por estes equipamentos? (m²)

FC1 ATUAL = Máquina de corte com serra a fita adaptada internamente para corte de placas de até 3 metros. Valor estimado em R\$30.000,00 pelo entrevistado. Máquina ocupa um total de 3x6metros=total de 12m².

FC1 FUTURO = NÃO TEM.

FC2 ATUAL = Utiliza uma fresadora ferramenteira adquirida recentemente de segunda mão. Valor que foi investido é de R\$22.500,00. Máquina ocupa uma área de aproximadamente 3m²

FC2 FUTURO = Mesmo equipamento do alumínio.

FC3 ATUAL = Ao total foram utilizado um centro de usinagem Romi estimado no valor de R\$231.000,00 e uma máquina de eletro erosão por penetração marca Engemaq estimada no valor e R\$47.000,00. O comutador utilizado para programação custa em torno de R\$2.000,00. Total de R\$280.000,00. A área ocupada por ambos é de aproximadamente 7m², considerando a área dos computadores utilizados para programação de ambas as máquinas. FC3 FUTURO = NÃO TEM.

FC4 ATUAL = Como máquina apenas uma retífica de mão pneumática, adquirida por R\$700,00. Ocupa apenas uma maleta, menos de 0,5m².

FC4 FUTURO = Não foi possível utilizar máquina.

FC5 ATUAL = NÃO TEM.

FC5 FUTURO = Existem algumas máquinas com valor inferior a R\$2.000,0 no mercado, porém a utilizada no processo custa em torno de R\$8.000,00. Ocupa um espaço juntamente com o computador que a acompanha na programação uma área de 2m².

MM ATUAL = Neste processo é utilizado um centro de usinagem Travis M1500, um computador desktop. Total aproximado de R\$142.000,00 O centro de usinagem possui um dimensional externo de 2,5 metros de largura e um comprimento de 5metros. O computador ocupa uma mesa de escritório simples de aproximadamente 0,6x1,2m. Total de R\$142.000,00 e área de 13,22m².

MM FUTURO=NÃO TEM.

6. FINALIZAÇÃO DA PESQUISA.

Para finalizar a pesquisa, os dados coletados pelo entrevistador serão tratados e reduzidos de modo a fornecer um dado numérico para contribuição do trabalho. Deste modo, estes dados tratados serão apresentados e enviados ao entrevistado via correio eletrônico, e, este poderá retomar a investigação caso algum número fique fora do que foi exposto nas repostas, ou se porventura lembrar-se de algo que possa agregar informação ao processo investigativo.

Houve entrevistados que cogitaram incluir no tempo de processo o tempo utilizado para movimentação e alimentação do sistema administrativo da empresa, esses tempos foram descartados, visto que geravam um valor ínfimo perante as operações e si e poderiam atrapalhar o restante da coleta de dados visto que nem todos os entrevistados possuíam um sistema semelhante para comparação e equiparação temporal.

O entrevistado pode ficar à vontade para reler as perguntas e as respostas e solicitar alteração de algum dado que tenha encontrado alguma distorção mediante sua atual visualização.

7. PLANILHA DE CUSTOS PARA COLETA DE DADOS.

Para coleta dos dados foi desconsiderado o custo gerado pelo envio eletrônico de mensagens, bem como o uso de aparelho telefônico.

8. TERMO DE COMPROMISSO.

Eu, João Vinícius Senger Pereira, brasileiro, casado, graduando em engenharia de produção, portador do RG n.º 9081248032 SJS/RS, CPF n.º 005.174.500-38, residente e domiciliado à Av. Feitoria, nº2190, Bairro Pinheiro, São Leopoldo-RS, venho através do presente termo, comprometer-me a não associar ou relacionar, direta ou indiretamente, de forma escrita, verbal ou de qualquer outra forma, o nome ou a identidade dos entrevistados e das empresas ligadas à minha pesquisa de graduação iniciada em 2018 e ligada ao programa de Graduação do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, seja durante e/ou após a realização da mesma.