

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUILHERME PASSOS WEIDIG

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA  
INDÚSTRIA MECÂNICA**

JOÃO MONLEVADE  
2019

GUILHERME PASSOS WEIDIG

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA  
INDÚSTRIA MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos  
Requisitos para obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências  
Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro  
Preto.

Orientador: Dr. June Marques Fernandes.

JOÃO MONLEVADE

2019

W417a Weidig, Guilherme Passos.  
Aplicação da metodologia Lean Manufacturing em uma indústria mecânica  
[manuscrito] / Guilherme Passos Weidig. - 2019.

62f.:

Orientador: Prof. Dr. June Marques Fernandes.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de  
Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Engenharia de produção. 2. Layout. 3. Controle de produção. I. Fernandes,  
June Marques. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 658.511.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA

**FOLHA DE APROVAÇÃO****GUILHERME PASSOS WEIDIG****APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA INDÚSTRIA MECÂNICA**

## Membros da banca

Daniel Francisco Bastos Monteiro - Mestre - Universidade Federal de Ouro Preto  
Sérgio Evangelista Silva - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto  
June Marques Fernandes - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto

## Versão final

Aprovado em 04 de dezembro de 2019

## De acordo

June Marques Fernandes  
Orientador



Documento assinado eletronicamente por **June Marques Fernandes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/01/2020, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0031398** e o código CRC **B22DF50E**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000142/2020-16

SEI nº 0031398

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: - www.ufop.br

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo a identificação de áreas e processos com maior incidência de desperdícios durante o processo de recuperação e fabricação de peças em uma indústria mecânica, na cidade de João Monlevade, Minas Gerais. Foi realizado neste trabalho o mapeamento do processo produtivo da empresa; o diagrama de espaguete atual e futuro, bem como a análise da movimentação de produtos durante o seu processo produtivo. A partir destes itens foram desenvolvidas ações visando melhorias destes processos. Utilizou-se como método o estudo de caso exploratório em um primeiro momento e depois a pesquisa participante, na qual foram feitos: entrevista com os funcionários da empresa, consulta à base de dados da organização, entendimento do fluxo de processo produtivo e do *layout*. Os resultados alcançados com essas melhorias foram bastante satisfatórios, nas quais podemos destacar: desenvolvimentos de novas rotas para produtos que havia reclamação do tempo excessivo de fabricação, redução no tempo de espera do processo devido ponte rolante, criação de um novo ponto de soldagem para diminuir da perda de tempo, aumento de capacidade da caldeiraria e redução do tempo de transporte de peças entre os galpões.

**Palavras-chaves:** Metal mecânico; *Layout*; *Lean Manufacturing*; Processo produtivo; Ponte rolante.

## ABSTRACT

This study aims to identify areas and processes with higher incidence of waste during the process of recovery and fabrication of parts in a mechanical industry in the city of João Monlevade, Minas Gerais. In this work the mapping of the productive process of the company was carried out; the current and future spaghetti diagram, as well as the analysis of product movement during its production process. From these items actions were developed aiming at improvements of these processes. The method used was the exploratory case study at first and then the participant research, which were made: interview with company employees, consultation with the organization's database, understanding of the production process flow and layout. The results achieved with these improvements were quite satisfactory, in which we can highlight: developments of new routes for products that claimed excessive manufacturing time, reduced process waiting time due to crane, creation of a new welding point to reduce loss of time, increased capacity of the boiler and reduced time to transport parts between the sheds.

**Keywords:** Mechanical metal; *Layout*; Lean Manufacturing; Production process; Overhead crane.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A Esmetal na sua fundação. ....	15
Figura 2: A Esmetal na sua fundação. ....	16
Figura 3: A empresa atualmente. ....	16
Figura 4: A empresa atualmente. ....	17
Figura 5: Máquina Tridimensional Computadorizada. ....	19
Figura 6: Fabricação de Rolo Britador. ....	20
Figura 7: Fabricação de tubulação com 2000 mm de diâmetro. ....	20
Figura 8: fabricação de mesa giratória. ....	20
Figura 9: Recuperação total em rosca transportadora de 12m de comprimento e 2m de diâmetro. ....	21
Figura 10: Fabricação mesa de elevação. ....	21
Figura 11: Fabricação coroa dentada. ....	21
Figura 12: Organograma da empresa. ....	22
Figura 13: Os tipos de processo em manufatura. ....	23
Figura 14: Diagrama de espaguete. ....	29
Figura 15: <i>Layout</i> atual da Esmetal. ....	33
Figura 16: O planejamento de produção do produto 1. ....	35
Figura 17: Matriz produto <i>versus</i> planejamento de produção separa em três famílias. ....	36
Figura 18: Fluxo de processos da família 1. ....	39
Figura 19: Fluxo de processos da família 2. ....	40
Figura 20: Fluxo de processos da família 3. ....	41
Figura 21: Cabine de solda da empresa. ....	44
Figura 22: O carrinho manual. ....	45
Figura 23: Sequencia atual e sequencia proposta do produto 1 e produto 2 ....	46
Figura 24: Sequencia implementada. ....	50
Figura 25: Acesso da ponte a mandrilhadora. ....	52
Figura 26: Novo fluxo de processos da família 1. ....	53
Figura 27: Peneira no novo galpão. ....	54
Figura 28: Matérias primas no novo galpão. ....	55
Figura 29: Novo fluxo de processos da família 2. ....	56

Figura 30: Melhoria na ponte rolante. ....	57
Figura 31: Novo fluxo de processos da família 3. ....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de metros percorrida pelas famílias.....	42
Tabela 2: Tempo de processamento dos produtos mais críticos. ....	42
Tabela 3: Tempo de desperdício na ponte rolante. ....	43
Tabela 4: Plano de ação das melhorias da família 3.....	51
Tabela 5: Tempo de desperdício pela falta da ponte rolante. ....	52
Tabela 6: Quantidade de metros percorrida pela família 1 antes e depois. ....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: As vantagens e desvantagens do <i>layout</i> posicional.....	28
Quadro 2: Funcionários entrevistados .....	31
Quadro 3: Os produtos escolhidos.....	34
Quadro 4: Os produtos separados em família.....	37
Quadro 5: Problema e proposta apresentada. ....	47
Quadro 6: Plano de ação das melhorias da família 1.....	48
Quadro 7: Plano de ação das melhorias da família 2.....	48
Quadro 8: Plano de ação das melhorias da família 3.....	49
Quadro 9: Resumo dos ganhos. ....	59

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1. Objetivos.....	13
1.1.1. Objetivo geral .....	13
1.1.2. Objetivos específicos .....	13
1.2. Justificativa.....	14
1.3. Apresentação da empresa .....	15
1.3.1. História da empresa .....	15
1.3.2. Missão.....	17
1.3.3. Visão .....	17
1.3.4. Valores.....	17
1.3.5. Diretrizes de segurança e saúde da empresa .....	18
1.3.6. Elementos estruturais .....	18
1.2.6. Elementos infraestruturas .....	19
1.2.7. Organograma da empresa .....	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	23
2.1. Sistemas de produção .....	23
2.1.1. O sistema de produção enxuto .....	24
2.2. Matriz produto <i>versus</i> planejamento de produção .....	24
2.3. Capacidade produtiva .....	25
2.4. Arranjo físico .....	25
2.4.1. <i>Layout</i> por Processo ou Funcional .....	26
2.4.2. <i>Layout</i> por produto ou em Linha .....	26
2.4.3. <i>Layout</i> Celular .....	27
2.4.4. <i>Layout</i> posicional ou por posição fixa.....	27
2.4.5. <i>Layout misto</i> ou combinado .....	28
2.5. Diagrama de espaguete .....	28
3. METODOLOGIA .....	30
4. DESENVOLVIMENTO .....	33
4.1 O <i>layout</i> da empresa .....	33

<b>4.2. Definição dos produtos.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3. A família de produtos .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.2. Fluxo de produção das famílias dos produtos.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4. Análise do processo de produção .....</b>	<b>42</b>
<b>4.4.1. Propostas de melhorias .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.2. Implementação das melhorias .....</b>	<b>48</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mundo em que a concorrência entre as empresas é cada vez maior, é fundamental para as organizações a aplicação de ferramentas que levam a uma vantagem competitiva para com os seus concorrentes. Para alcançar essa vantagem é fundamental a diminuição de desperdício. Segundo Ohno (1997), existem sete desperdícios clássicos que afetam o processo de produção: espera, produtos defeituosos, transporte, movimentação, excesso de estoque, excesso de produção e mau processamento.

A indústria mecânica é caracterizada como a transformação de materiais e metais - como cobre aço, ferro, prata, ouro, estanho e outros - em produtos para a indústria ou consumo final. A indústria mecânica compreende os setores de usinagem, estamparia, forjaria montagem, controle de qualidade, além de outros setores, dependendo da área da empresa em estudo.

Nos dias de hoje, a indústria do setor metal- mecânico do Brasil, devido à grande crise vivida em 2015, ainda enfrenta sérias dificuldades, e a utilização de técnicas e ferramentas de redução de custos surgem como sendo fundamentais para a sobrevivência das empresas neste mercado. Dentre essas ferramentas, podemos destacar o *Lean Manufacturing* que é uma filosofia de gestão inspirada em práticas e resultados do Sistema Toyota.

Segundo Warkema (2012), o *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que busca eliminar desperdícios, ou seja, eliminar o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa. Foi criado no Japão após a segunda guerra mundial onde, na década de 60, o mercado exigia maior flexibilidade e juntamente com o crescimento dos concorrentes conduzia a um novo sistema de produção sendo, portanto, desenvolvido pelo engenheiro Taiichi Ohno e sua equipe (OHNO, 1997).

Este trabalho de conclusão de curso procura implementar as práticas da metodologia *Lean Manufacturing* na empresa Esmetal que atua no ramo mecânico. A empresa em questão possui limitações no processo de melhoramento contínuo, visto que não utiliza práticas enxutas para racionalização no emprego de seus recursos. O foco da pesquisa está concentrado no processo produtivo que de forma recorrente enfrenta diversos problemas relacionados, principalmente, a atrasos na entrega, retrabalho, defeitos e movimentações desnecessárias. Diante disso, pretende-se responder à seguinte questão: quais as contribuições da metodologia *Lean Manufacturing* para melhoria de processo produtivo de uma empresa do setor metal mecânico?

Esse cenário justifica o desenvolvimento do presente estudo, uma vez que a análise do processo sob a perspectiva do diagrama de espaguete e também sobre a mudança do arranjo físico pode trazer melhorias para o *layout* da empresa, além de auxiliar no mapeamento dos pontos de desperdícios em que são necessárias a realização de melhorias.

Esse trabalho de conclusão de curso é dividido em seis capítulos: no primeiro, apresenta a introdução, os objetivos gerais e específicos do estudo, além de uma justificativa da escolha do tema, juntamente com a apresentação da empresa Esmetal. No segundo capítulo apresenta o referencial teórico dividido em cinco tópicos: sistemas de produção, matriz produto *versus* planejamento de produção, capacidade produtiva, arranjo físico e diagrama de espaguete. No terceiro capítulo é apresentado a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste estudo, no quarto capítulo é realizado o desenvolvimento do trabalho, no qual o primeiro passo foi a realização do *layout* atual da Esmetal, logo depois a definição dos principais produtos da empresa para a separação em três famílias de produtos, bem como as características de cada família e o seu fluxo de produção, para terminar o desenvolvimento foi apresentado as propostas de melhorias e a implementação das mesmas. No quinto capítulo é apresentado o resultado da implementação das melhorias na empresa e por fim, no sexto capítulo é apresentado as conclusões finais deste estudo.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Identificar as áreas e processos com maior incidência de desperdícios durante a fabricação de peças com auxílio da metodologia *Lean Manufacturing*.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- ✓ Mapear o processo produtivo da empresa;
- ✓ Elaborar o diagrama de espaguete atual e futuro da organização;
- ✓ Analisar a movimentação de produtos durante a sua fabricação;
- ✓ Propor ações para melhoria do processo produtivo da organização;
- ✓ Implementar melhorias no *layout* da empresa.

## 1.2. Justificativa

Cada vez mais a sobrevivência das empresas no mercado brasileiro se torna mais difícil, devido à grande crise financeira vivida no país, a grande carga de impostos e encargos trabalhistas em que recai sobre as empresas e a grande concorrência no setor metal mecânico, na qual a Esmetal está inserida.

Para conseguir a sobrevivência no mercado é fundamental a redução de custos e gerar valor para os seus clientes, neste contexto é muito útil para uma organização a aplicação da metodologia *Lean Manufacturing*.

Como a Esmetal nunca aplicou esta metodologia, a aplicação do *Lean Manufacturing* apresenta um potencial de gerar resultados significativos, bem como, a empresa passará a conhecê-la, podendo dar prosseguimento posterior esta aplicação.

É importante para o engenheiro de produção estudar e aplicar a metodologia *Lean*, conseguindo desenvolver técnicas que possibilitam solucionar os problemas enfrentados no dia a dia de uma organização, encontrando possibilidades de redução de custos e soluções de melhoria contínua.

### 1.3. Apresentação da empresa

#### 1.3.1. História da empresa

A Esmetal é uma indústria mecânica com sede em João Monlevade - MG, na região do Médio Piracicaba, localizada a 110 km de Belo Horizonte, ela foi a primeira indústria mecânica a ser constituída na região. A História da Esmetal iniciou-se em janeiro de 1963, no marco do desenvolvimento metalúrgico, siderúrgico e minerador, quando quatro técnicos em Metalurgia constataram que as empresas do Médio Piracicaba tinham grandes dificuldades para repor peças e equipamentos estrangeiros. Como os produtos eram de grande complexidade técnica, o processo de importação era lento e demandava meses.

A empresa teve como objetivo inicial de propor soluções, através da fabricação e recuperação de peças e equipamentos para siderúrgicas que, até então, importavam todos seus equipamentos, bem como as peças de reposição. Baseados nessa realidade, os quatros empreendedores vislumbraram um mercado promissor, e fundaram a Nicácio e Pádua (atual Esmetal Ltda.). Nas Figuras 1 e 2 temos fotos da Esmetal na sua fundação e nas Figuras 3 e 4 Figuras da Esmetal nos dias de hoje.

Figura 1: A Esmetal na sua fundação.



Fonte: site da empresa.

Figura 2: A Esmetal na sua fundação.



Fonte: site da empresa.

Figura 3: A empresa atualmente.



Fonte: site da empresa.

Figura 4: A empresa atualmente.



Fonte: site da empresa.

### **1.3.2. Missão**

Oferecer serviços de qualidade em Usinagem e Caldeiraria: Fabricação e recuperação de peças e equipamentos mecânicos, promovendo o desenvolvimento sustentável e reconhecendo nossos colaboradores como principal valor.

### **1.3.3. Visão**

Ser referência como empresa de serviços em Usinagem e Caldeiraria no mercado regional

### **1.3.4. Valores**

- Cientes de que a força da organização está nas pessoas, buscamos sempre sua valorização, motivação e capacitação contínua;
- Comprometimento ético em todas as ações;
- Disponibilidade para atendimento aos clientes em casos imprevisíveis;
- Incentivo ao desenvolvimento da sociedade;
- Melhoria contínua da organização.

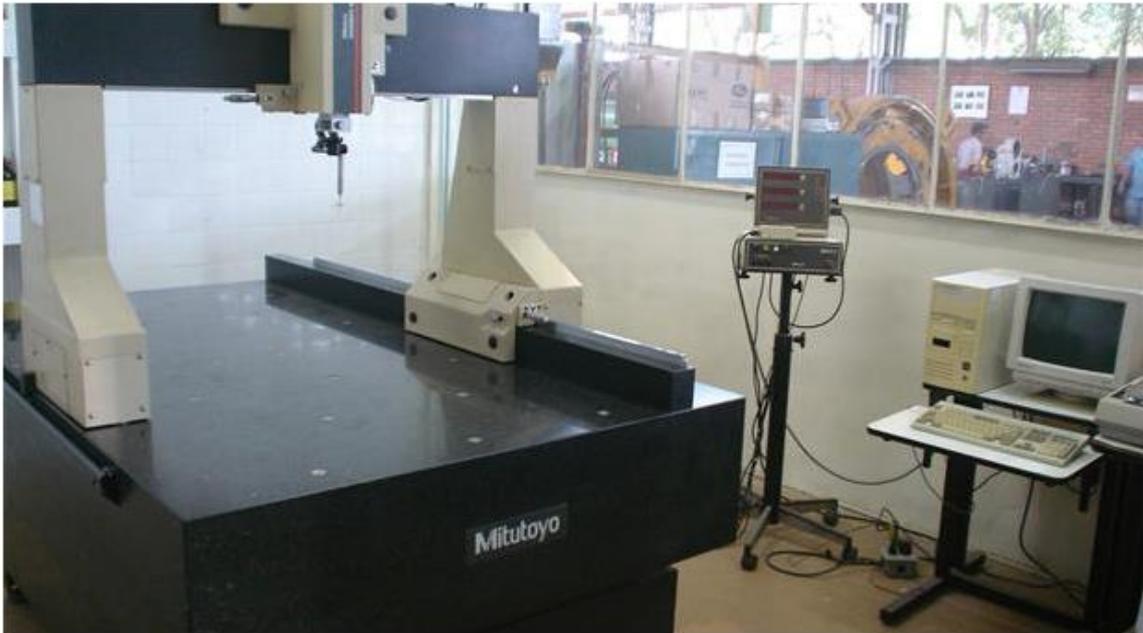
### **1.3.5. Diretrizes de segurança e saúde da empresa**

- Disseminar o Diálogo Semanal de Segurança;
- Assegurar que os procedimentos de Segurança e Saúde do Trabalho sejam cumpridos;
- Identificar, avaliar e eliminar riscos à Saúde e Segurança por meio do Levantamento de Perigos e Riscos (LPR), para garantir que os perigos sejam gerenciados;
- Investigar todos os acidentes para evitar sua repetição;
- Estabelecer uma cultura em que o trabalho será interrompido, caso o mesmo não seja seguro;
- Estabelecer objetivos mensuráveis para monitorar o progresso da Gestão de Segurança;
- Cumprir todas as exigências legais;
- Atualizar e validar os mapas de risco;
- Estimular atitudes proativas e preventivistas de segurança.

### **1.3.6. Elementos estruturais**

A Esmetal tem uma área aproximada de 8.000 m<sup>2</sup>, sendo 2.600m<sup>2</sup> de área coberta, a estrutura industrial de usinagem é composta por mais de trinta máquinas operatrizes, entre tornos, plainas, mandrilhadoras, serras, furadeiras, retífica e ferramental. A área de Caldeiraria possui equipamentos de solda (arco submerso, MIG), oxi-corte, prensas excêntricas, dobradeiras e hidráulicas além de calandras de cilindro e perfil. Na área de Controle dimensional, a Esmetal dispõe de uma Máquina Tridimensional Computadorizada, utilizada em seu controle dimensional, visualizada na Figura 5.

Figura 5: Máquina Tridimensional Computadorizada.



Fonte: site da empresa.

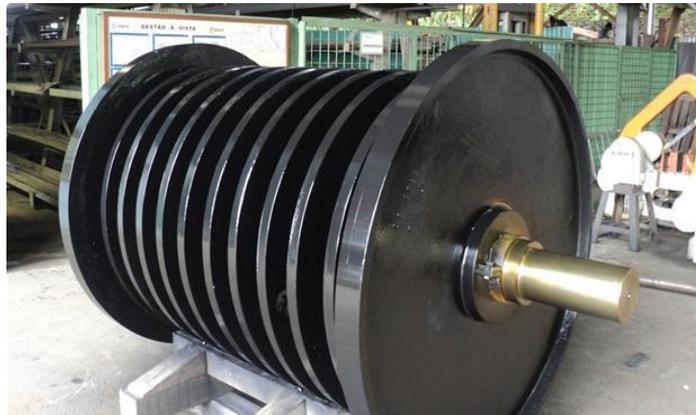
#### 1.2.6. Elementos infraestruturas

Utilização de diversos sistemas para planejamento e operações administrativas, como Master Sig e Alterdata.

Mantém sistema de comunicação formal com os principais clientes através de reuniões específicas e troca de informação via sistema eletrônico.

Nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11 exemplos de produtos fabricados pela empresa.

Figura 6: Fabricação de Rolo Britador.



Fonte: site da empresa

Figura 7: Fabricação de tubulação com 2000 mm de diâmetro.



Fonte: site da empresa

Figura 8: fabricação de mesa giratória.



Fonte: site da empresa.

Figura 9: Recuperação total em rosca transportadora de 12m de comprimento e 2m de diâmetro.



Fonte: site da empresa.

Figura 10: Fabricação mesa de elevação.



Fonte: site da empresa.

Figura 11: Fabricação coroa dentada.

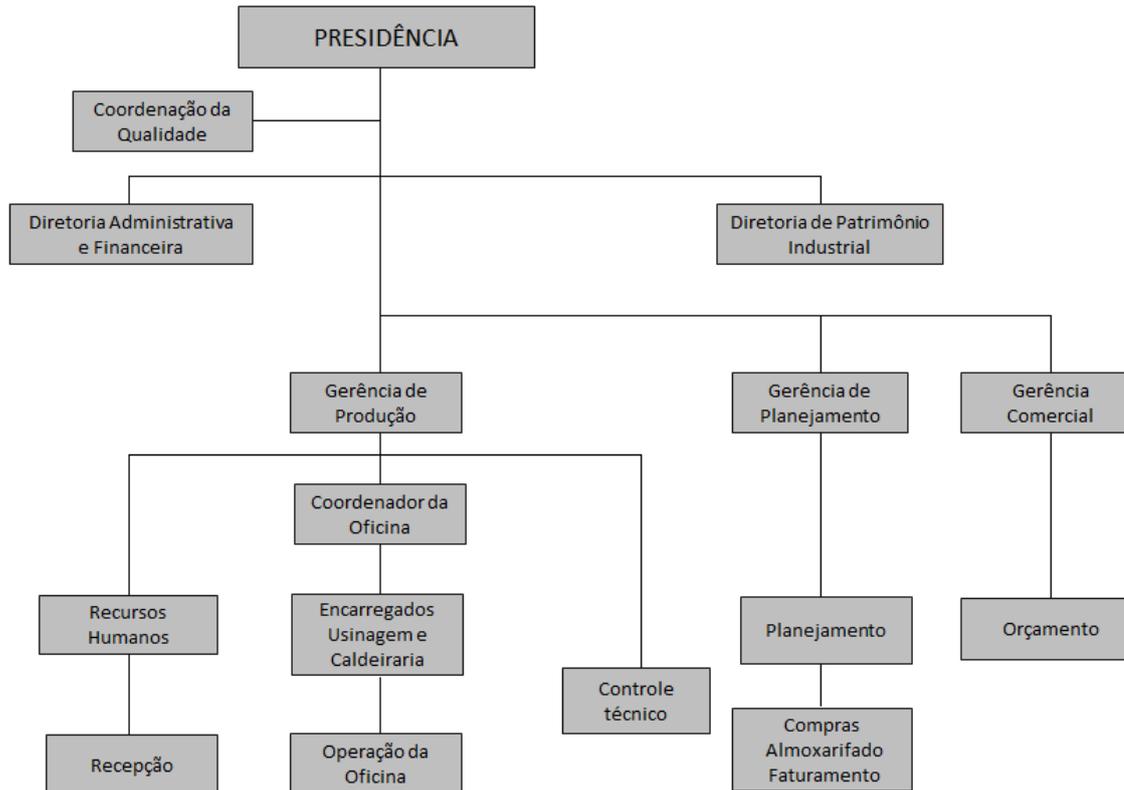


Fonte: site da empresa

### 1.2.7. Organograma da empresa

Na Figura 12 observamos o organograma atual da empresa Esmetal.

Figura 12: Organograma da empresa.



Fonte: elaborado pelo autor.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

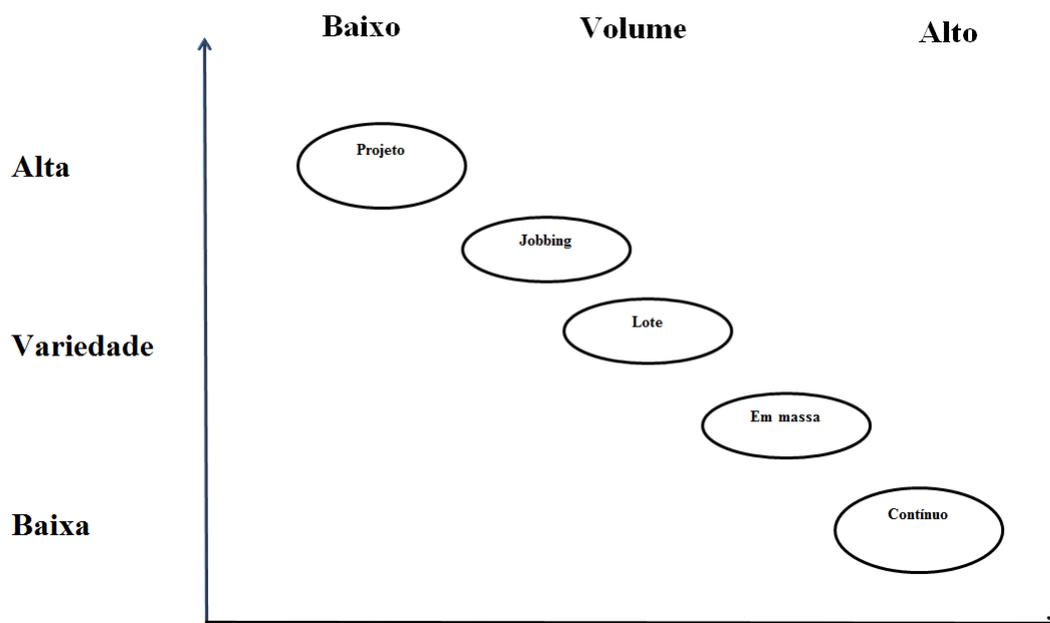
### 2.1. Sistemas de produção

Todo sistema de produção apresenta *input*, que são as entradas do processo, na maioria das vezes a entrada é uma matéria prima, logo depois ocorre o processo de transformação, na qual a entrada é transformada em um novo material e logo depois vem o *output* que é a saída do produto para o cliente final. Definimos o sistema de produção sendo uma série de atividades que se relacionam para a produção de bens ou de serviços. (MOREIRA, 2000).

Slack (1997) definiu quatro parâmetros para definir qual tipo de operação do sistema produtivo, sendo eles: volume de produção, variedade dos produtos, variação das demandas e o grau de contato com o consumidor.

Slack (1997) classificou em cinco diferentes tipos de processos em manufatura de acordo com o seu volume e variedade, em ordem crescente de volume e decrescente de variedade são eles: processos de projeto, processos de *jobbing*, processos em lotes, processos de produção em massa, processos contínuos. Na Figura 13, os tipos de processos em manufatura, segundo Slack (1997), volume no eixo horizontal e variedade no eixo vertical.

Figura 13: Os tipos de processo em manufatura.



Fonte: Realizado pelo próprio autor, adaptado de Slack (1997).

### 2.1.1. O sistema de produção enxuto

Segundo Womack, Jones e Ross (1992), a produção *Lean* reúne as atividades de toda a organização, desde a diretoria, passando pelos empregados do chão de fábrica, os fornecedores, conseguindo aumentar produção e a qualidade oferecida ao cliente, ao mesmo tempo em que mantém os custos baixos.

Segundo Ohno (1997), os sete desperdícios que ocorrem na produção, são:

- ✓ Espera: tempo de espera para materiais, pessoas, equipamentos ou informações;
- ✓ Defeito: produto fora da especificação do cliente;
- ✓ Transporte: transporte de materiais ou produtos que não agrega valor;
- ✓ Movimentação: movimentação desnecessária dos trabalhadores;
- ✓ Estoque: estoque excessivo de matéria prima;
- ✓ Superprodução: produzir mais que o necessário ou com a velocidade maior que o necessário;
- ✓ Processamento: processo que já não agrega mais valor realizado pelo homem ou pela máquina;

Hines e Taylor (2000) demonstram que os princípios da produção enxuta estão relacionados à geração de valor, identificação de atividades sem valor agregado, identificação das etapas corretas para produção do produto, criar fluxo contínuo, produzir na quantidade certa e a busca pela melhoria contínua, buscando a remoção das perdas e desperdícios.

Enquanto Womack e Jones (1998) relacionam desperdícios às atividades que requerem recursos a uma empresa e não gera valor para as mesmas, com isso a produção enxuta em uma organização tem como objetivo encontrar e eliminar de forma constante desperdícios durante o seu processo produtivo.

### 2.2. Matriz produto *versus* planejamento de produção

Em empresas na qual o seu mix de produtos é muito complexo é necessário realizar a separação dos produtos em famílias. Uma família de produtos é um conjunto de produtos que passam por etapas semelhantes de fabricação e utilizam máquinas e equipamentos comuns durante seu processo de produção. (ROTHER; SHOOK, 2009).

Para realizar essa separação uma das alternativas é a realização da matriz produto *versus* planejamento de produção, na qual na parte vertical da matriz estão alocados os

produtos selecionados e na parte horizontal da matriz o planejamento de produção de cada produto selecionado. Se o produto passa em determinado processo marcamos com a letra 'x', se ele passa mais de uma vez no mesmo processo para sua fabricação marcamos mais de um 'x' em um processo.

Depois de feita a matriz produto *versus* planejamento de produção conseguimos selecionar os produtos que passam por processos semelhantes dentro da empresa e os agrupamos em uma mesma família.

### **2.3. Capacidade produtiva**

Segundo Moreira (2004) a capacidade produtiva pode ser entendida como a quantidade máxima de produtos que uma determinada empresa pode produzir em sua linha de produção, em um período de tempo. A literatura apresenta três tipos diferentes de capacidade: capacidade instalada, capacidade disponível e capacidade real.

Moreira (1998) e Stevenson (2001), em seus estudos, definem capacidade instalada como o limite máximo de produtos que uma empresa pode produzir em seu processo produtivo sem que ocorra nenhuma perda programada ou não programada.

Já a capacidade disponível, a única diferença dela para a capacidade instalada, segundo Peinado e Graeml (2007) é que ela leva em consideração o regime de trabalho que a empresa utiliza. A capacidade real é a capacidade que efetivamente a empresa teve durante um período de tempo, descontando da capacidade disponível as perdas durante o processo.

### **2.4. Arranjo físico**

O arranjo físico tem como função a distribuição dos recursos internos da empresa, alocando de forma correta com o objetivo de aperfeiçoar o fluxo de produção. Estes recursos seriam: máquinas, equipamentos auxiliares, recursos humanos e matérias primas.

Segundo Gaither e Frazier (2001), tudo que está influenciando na produção, direta e indiretamente, está relacionado ao arranjo físico. Podemos citar indiretamente: refeitórios, bebedouros, banheiros e diretamente: almoxarifado, posicionamento de máquinas, corredores e espaço físico em geral.

Segundo Camarotto (1998), cada *layout* está alinhado à natureza de cada empresa como exemplo:

- volume de produção;

- fluxo dos materiais;
- mix dos produtos.

Os principais tipos de *layout* utilizado pelas organizações são *layout* funcional, em linha e celular. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

#### **2.4.1. *Layout* por Processo ou Funcional**

No *layout* por processo ou funcional os processos semelhantes dentro da empresa são organizados no mesmo espaço, com isso o produto a ser produzido se desloca buscando os diferentes processos para a sua fabricação – máquinas fixas e matéria prima se deslocando. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

Segundo Contador (2010) o *layout* funcional é o mais utilizados pelas empresas, neste *layout* os produtos a serem transformados se movimentam dentro da organização e as máquinas ficam fixas. De acordo com Moura (2008), no processo funcional em uma mesma área são agrupados máquinas e equipamentos semelhantes, e o produto transformado percorre as diversas áreas, onde sofre as transformações necessárias.

De acordo com Slack, Chambers & Johnston (2002), as principais vantagens do *layout* funcional são: flexibilidade alta de mix e de produtos, o *layout* facilita a supervisão de equipamentos e instalações e apresenta facilidade nas interrupções de etapas e as desvantagens do *layout* por processo são: dificuldade de supervisionar fluxos mais complexos, baixa utilização de recursos e o estoque podem ser elevados durante os processos.

#### **2.4.2. *Layout* por produto ou em Linha**

O *layout* por produto é caracterizado como o *layout* na qual as máquinas são colocadas de acordo com a sua sequência de operações na qual ela passa, de forma que o produto transformado se move e as máquinas permanecem fixas. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

Segundo Moura (2008) o *layout* por produto é indicado no caso de fábricas que produzem pequenos números de itens em grandes quantidades. Um exemplo de empresas que utilizam esse tipo de *layout* é as indústrias automobilísticas.

Peinado e Graeml (2007) em seus estudos abordam que no *layout* em linha o caminho percorrido pelo produto a ser transformado percorre um caminho já pré-determinado, não podendo passar por um caminho alternativo.

Segundo Filho (2010), as principais vantagens do *layout* por produto são: facilidade no controle da produção, os operadores precisam conhecer somente a sua função, não sendo necessário conhecer todo o processo e as principais desvantagens são: todo o processo é prejudicado, quando há paralisação de uma máquina, é necessário na produção um supervisor para acompanhar e o processo mais lento define a duração do processo produtivo.

### **2.4.3. *Layout* Celular**

Segundo Slack, Chambers & Johnston (2002): no *layout* celular os produtos a serem fabricados ao entrar no processo produtivo são preparados para realizar o fluxo de processo em uma parte do *layout*, na qual todas as máquinas e equipamentos necessários para sua fabricação estão alocados. Segundo Seixas (2014) no *layout* celular em um mesmo local é alocada máquinas com processos diferentes, com isso os funcionários se movimentam de forma pequena para realizar a transformação do produto.

Em uma mesma área, que colocamos o nome de célula, são colocadas máquinas diferentes que consigam neste mesmo local fabricar um produto inteiro, este produto a ser transformado se desloca dentro desta célula buscando assim os processos que são necessários para a sua fabricação. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

As vantagens e desvantagens do *layout* celular, segundo Slack, Chambers & Johnston (2002) e Neumann & Scalice (2015), são: o trabalho em grupo nesse *layout* é bastante grande, aumentando a motivação dos funcionários, flexibilidade alta, pois os funcionários tem que ser multifuncionais e a última vantagem é que o fluxo de trabalho é bastante organizado. Já as desvantagens são: dificuldade de reconfigurar o atual arranjo físico, pois é bastante caro, aumento do custo de treinamento que a empresa tem que realizar para capacitar os seus funcionários, pois o funcionário tem que ser multifuncional e a dificuldade de produtos grandes se organizarem de forma celular.

### **2.4.4. *Layout* posicional ou por posição fixa**

Segundo Camarotto (1998), no *layout* posicional como o próprio nome sugere o produto a ser transformado permanece parado, enquanto os funcionários, matéria primas e equipamentos se movimentam em sua volta para realizar as transformações necessárias para a sua fabricação.

São exemplos de produtos fabricados no arranjo posicional: aviões e navios, pois são produtos bastante grandes e pesados, sendo bastante difícil desta forma a locomoção destes

produtos dentro do processo produtivo, sendo bem mais simples os operados, matérias primas e equipamentos se deslocarem até eles.

Segundo Tompkins *et al.*(1996) e Silva e Moreira (2009) as vantagens e desvantagens do *layout* posicional ou por posição fixa estão descritos no quadro 1.

Quadro 1: As vantagens e desvantagens do *layout* posicional.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande variedade das tarefas de mão de obra;</li> <li>• Reduzida movimentação de matérias;</li> <li>• Alta variedade e flexibilidade do mix de produtos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta movimentação do fluxo de pessoas;</li> <li>• Custo unitário de produção elevado;</li> <li>• Necessidade de elevado espaço de trabalho;</li> <li>• Alta complexidade da programação das atividades a serem executadas.</li> </ul>

Fonte: Tompkins *et al.*(1996) e Silva e Moreira (2009).

#### 2.4.5. *Layout misto ou combinado*

Segundo Martins e Laugeni (2005) os *layouts* combinados ocorrem para que sejam aproveitadas em um determinado processo as vantagens do *layout* funcional, por produto e celular.

Um exemplo do arranjo físico combinado é um restaurante, onde o salão principal apresenta *layout* posicional, pois as mesas dos clientes estão localizadas em um lugar fixo, a cozinha do restaurante está em outro lugar fixo, o sanitário está em outro local fixo. O buffet tem o *layout* por células, onde apresenta entrada, pratos principais e sobremesas e a cozinha onde é preparada a comida é *layout* por processo, geladeira, forno e fogão.

#### 2.5. Diagrama de espaguete

De acordo com Seixas (2014), o nome Diagrama de espaguete vem do fato de que: ao realizar mapeamento do fluxo de materiais ou pessoas, o gráfico fica parecendo um prato de

espaguete mexido de forma aleatória. O Diagrama de Espaguete é uma ferramenta muito empregada na prática do *Lean Manufacturing*. Possui uma visão gráfica onde contém informações de movimentação de insumos e de pessoas na área produtiva.

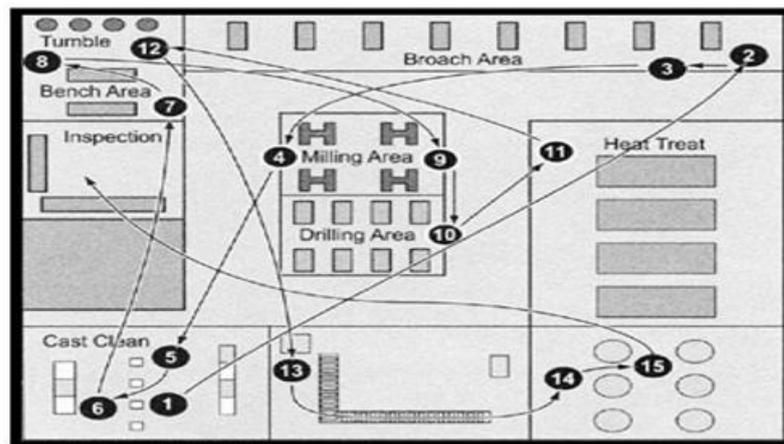
Tem como principais objetivos:

- visualizar perdas com deslocamentos desnecessários;
- entendimento dos fluxos (pessoas e materiais);
- permitir medir níveis de eficiências.

Neste diagrama são traçados os fluxos. Em geral, quanto maior o número de linhas maiores as perdas e quanto menos as linhas mais produtivas é o processo.

A Figura 14 representa um diagrama de espaguete, de acordo com George e Maxey (2005).

Figura 14: Diagrama de espaguete.



Fonte: George e Maxey (2005).

### 3. METODOLOGIA

Para Gil (1999), o método científico é um conjunto de procedimentos e técnicas utilizadas com o objetivo de chegar a um conhecimento. Para ser classificado como um conhecimento científico é fundamental a identificação dos passos para a sua verificação, ou seja, determinar o método que possibilitou chegar ao conhecimento. Método é um procedimento ou caminho para alcançar determinado fim e que a finalidade da ciência é a busca do conhecimento, podemos dizer que o método científico é um conjunto de procedimentos adotados com o propósito de atingir o conhecimento (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 24). Por método podemos entender o caminho, a forma, o modo de pensamento. É a forma de abordagem em nível de abstração dos fenômenos. É o conjunto de processos ou operações mentais empregados na pesquisa (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 26).

A estratégia metodológica utilizada nesta pesquisa foi o estudo de caso exploratório. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. A intenção com o uso do estudo de caso exploratório foi conhecer inicialmente o contexto em que estava inserido o problema de pesquisa

O presente estudo de caso teve uma abordagem qualitativa:

A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria. Assim, os pesquisadores qualitativos recusam o modelo positivista aplicado ao estudo da vida social, uma vez que o pesquisador não pode fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa (GOLDENBERG, 1997, p. 34).

Paralelamente, foi utilizada a pesquisa participante durante a realização do trabalho.

Lakatos e Marconi (2001) a pesquisa participante é caracterizada, como uma pesquisa em que há uma grande interação entre o pesquisador e o grupo pesquisado, nesta pesquisa o planejamento é realizada em conjunto entre os participantes e o autor

Durante a pesquisa utilizou-se as diferentes fontes de evidências para a coleta de dados. As técnicas de coleta de dados são um conjunto de regras ou processos utilizados por uma ciência, ou seja, corresponde à parte prática da coleta de dados (LAKATOS; MARCONI, 2001).

Para a realização da observação direta, foi necessário visitas na empresa durante o ano de 2019 para a realização do *layout* da organização, bem como a observação do fluxo do

processo produtivo. Também foram realizadas entrevistas com os funcionários da empresa, que é uma técnica de coleta de dados “em que o investigador se apresenta frente ao investigado e lhe fórmula perguntas com o objetivo de obtenção de dados que lhe interessam à investigação” (GIL, 1999, p.117). Nas entrevistas foram ouvidos todos os envolvidos nos processos. No quadro 2 um resumo dos funcionários que foram entrevistados, bem como objetivos das entrevistas.

Quadro 2: Funcionários entrevistados

<b>Entrevistado</b>	<b>Idade</b>	<b>Cargo</b>	<b>Objetivo</b>
Carlos Caixeta	62	Gerente comercial	Conhecimento do portfólio da empresa
Afrânio Cota	61	Orçamentista	Conhecimento do portfólio da empresa
Marcos Pascoal	48	Analista de PCP	Conhecimento do planejamento dos produtos
Eduardo Mata	51	Coordenador de Produção	Conhecimento do processo de usinagem e caldeiraria
Helvio Carneiro	45	Encarregado de tornearia	Conhecimento do processo de usinagem
Adilson de Oliveira	47	Encarregado de caldeiraria	Conhecimento do processo de caldeiraria
Bruno Da Silva	46	Mandrilhador	Coleta de sugestão de melhorias
Wemerson Rodrigues	32	Controlador técnico	Coleta de sugestão de melhorias
Sande dos Santos	43	Soldador	Coleta de sugestão de melhorias
Josimar Gonçalves	31	Soldador	Coleta de sugestão de melhorias
Gilmar da Conceição	33	Soldador	Coleta de sugestão de melhorias
Ricardo Souza	36	Caldeireiro	Coleta de sugestão de melhorias
Thales Silva	28	Caldeireiro	Coleta de sugestão de melhorias
José Irineu Araújo	63	Torneiro mecânico	Coleta de sugestão de melhorias
Fabiano Costa	42	Torneiro mecânico	Coleta de sugestão de melhorias
Dayvisson Aranda	31	Torneiro mecânico	Coleta de sugestão de melhorias
José Alexandre Borges	56	Fresador	Coleta de sugestão de melhorias
José Augusto Santos	26	Furador	Coleta de sugestão de melhorias
Elias Arcanjo	60	Furador	Coleta de sugestão de melhorias

Fonte: realizado pelo próprio autor

Além disso foram realizadas consultas à base de dados da empresa, via sistema Master Sig e planilhas de controle Excel com dados de entrada e saída de material.

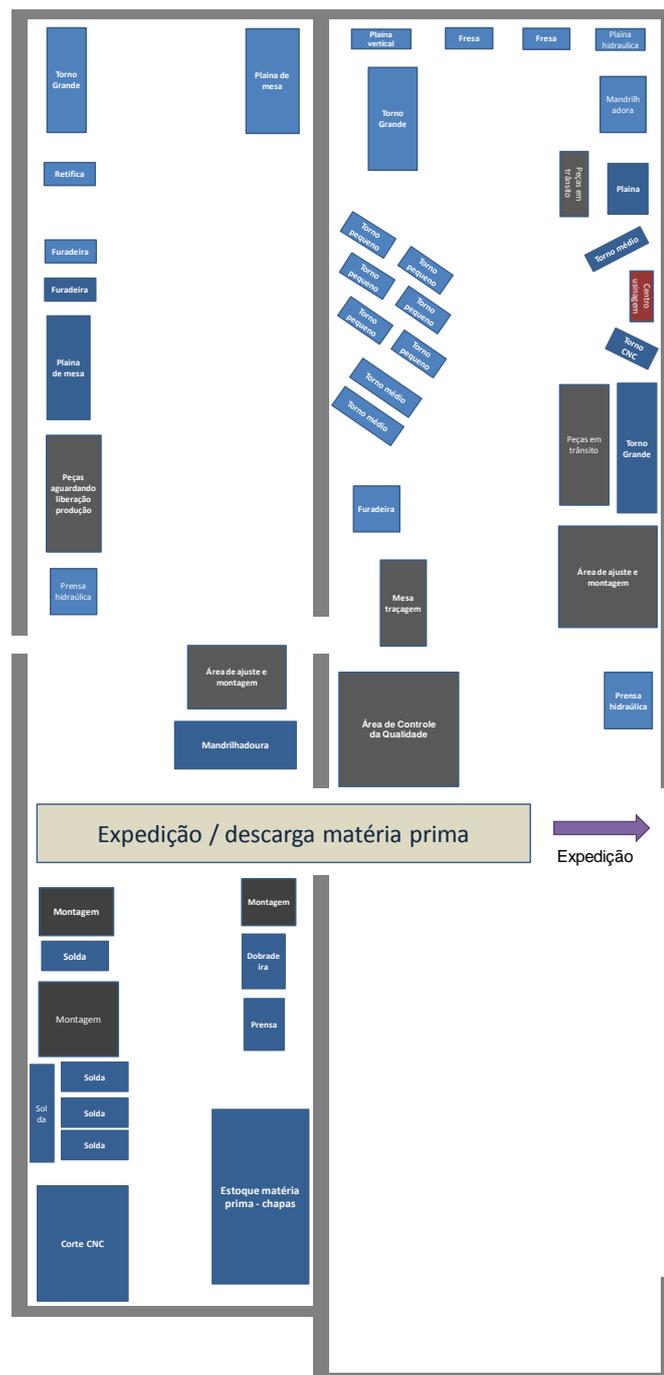
Em todo conteúdo foi avaliado as divergências, convergências e padrões que permitiram validar a pesquisa e a partir disso foi realizado mudanças no *layout* e consolidação do fluxo de produção. A finalização da pesquisa participativa foi com as proposições de melhorias para aumento de produtividade bem como sua implementação.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1 O *layout* da empresa

Para a realização do *layout* da Esmetal foi necessário visita ao chão de fábrica da empresa observando e descrevendo o posicionamento de cada máquina e equipamento da empresa. Na Figura 15 o *layout* atual da empresa.

Figura 15: *Layout* atual da Esmetal.



Fonte: realizado pelo próprio autor.

O *layout* atual da empresa pode ser considerado um *layout* por processo. Os equipamentos são agrupados conforme sua função em dois processos distintos que são caldeiraria e usinagem, ou seja, na área da caldeiraria apresenta as máquinas e equipamentos de caldeiraria, como: corte, dobra soldagem e desempenho. Já na área de usinagem, o *layout* apresenta os equipamentos de usinagem, como: torno, fresas mandrilhadoras e furador.

#### 4.2. Definição dos produtos

Para escolha dos produtos foi realizada entrevista com os funcionários mais antigos da empresa que conhecem o portfólio de produtos e também através de consultas ao banco de dados da empresa, para definir quais produtos são mais frequentes na carteira de pedidos. No quadro 2 estão descritos os produtos escolhidos.

Quadro 3: Os produtos escolhidos.

Produtos
1- Reparação de caixa excêntrica
2- Reparação de Carcaça
3- Fabricação de Eixo pinhão
4- Reparação em Eixo Morgan
5- Reparação em Caixa de Mancal
6- Reparação em eixo cardan aciaria
7- Reparação em Conjunto de Oscilador
8- Reparação em Acoplamento
9- Reparação peneira de sinter
10- Reparação em Tambor
11- Fabricação de Flange
12- Reparação em Tambor Ponte Rolante
13- Reparação de caçamba
14- Reparação em Conjunto de Rolo
15- Reparação em Guia de Laminação
16- Fabricação de rolo guia
17- Reparação em Redutor Flender 360E
18- Reparação em Roldana
19- Reparação em Moitão
20- Reparação em Redutor de Translação
21- Reparação em Rolo
22- Reparação em roda tripla
23- Reparação em Truque
24- Reparação em Redutor do Pré Acabador
25- Fabricação de turbina

Fonte: realizada pelo próprio autor.

### 4.3. A família de produtos

Por ser uma empresa que trabalha por projeto, ou seja, cada produto feito pela Esmetal tem uma complexidade e uma programação totalmente diferente. Após a definição dos produtos foi pesquisado, através do sistema *Master Sig*, o planejamento na linha de produção de cada um para fazer a definição da “família de produtos”. Na Figura 15, como exemplo, o planejamento de produção do produto 1 - Reparação de caixa excêntrica no sistema Master Sig.

Figura 16: O planejamento de produção do produto 1.

RECURSOS						
Ordem	Código	Recurso	Q.F.	Q.R.	UN	Observações
1	FR	FRESADORAS	0	0	HR	FRESAR 2MM NO SEPARADOR CONF. DES./EXPLICAÇÃO E EXCÊNTRICO POSTERIOR E FRONTAL CONF. DES.
2	TR	TRACAGEM	0	0	HR	TRAÇAR CALÇO E CHAVETA CONF. DES. E EXCÊNTRICO POSTERIOR E FRONTAL CONF. DES.
3	FR	FURADEIRA RADIAL	0	0	HR	FURAR CALÇO E CHAVETA E EXCÊNTRICO POSTERIOR E FRONTAL CONF. DES.
4	TP	TORNO PEQUENO	0	0	HR	CONFERIR CONCENTRICIDADE DOS Ø
5	AM	AJUSTAGEM MONTAGEM	0	0	HR	SERRAR CALÇO, AJUSTAR EXCÊNTRICO POSTERIOR E FRONTAL CONF. DES. MONTAR E FAZER TESTE DE GIRO NA CAIXA
6	TP	TORNO PEQUENO	0	0	HR	TORNEAR EXCÊNTRICO POSTERIOR E FRONTAL CONF. DES.
7	CO	CONTROLE	0	0	HR	CONTROLAR CAIXA EXCÊNTRICA CONF. DES.

Fonte: arquivos da empresa.

Após coletar o planejamento dos vinte e cinco produtos escolhidos foi realizada a matriz produto versus planejamento de produção para conseguir separa-los em famílias. A seguir são apresentados os critérios que foram utilizados para distinção das famílias dos produtos.

Critérios utilizados:

- Necessidade de processamento dentro da empresa usinagem x caldeiraria;
- Tipos de máquinas a serem utilizadas no seu processo de fabricação;
- Fluxo do produto dentro da fábrica.

Na Figura 16, vemos os produtos separados em três famílias.

Figura 17: Matriz produto *versus* planejamento de produção separa em três famílias.

	Produtos	Usinagem											Caldeiraria					Traçagem	Ajustagem	Controle
		Torno Mecânico médio	Torno Mecânico pequeno	Torno CNC	Plaina Limadora	Plaina de Mesa Hidráulica	Plaina Vertical	Fresadoras de Mesa	Fresadora Universal	Mandrilhadora Universal	Furadeira Radial	Furadeira Prismática	Prensa Excêntrica	Prensa Dobradeira	Calandra	Corte CNC Plasma	Solda			
Família 1	Produto 1		XX					X			X							X	X	X
	Produto 2	X	XXX					X			XX							XXX	XXXXX	XX
	Produto 3		XX													X			X	XX
	Produto 4	X								X									XX	XX
	Produto 5		X		X				X	X		X				X		X	X	X
	Produto 6	X							X	X									X	X
	Produto 7			X	X			X		XX	X					X		X	XXXX	XXX
	Produto 8	X			X													X	X	X
Família 2	Produto 9	X								X			X		X	X	XX	X	XXX	XX
	Produto 10	X										X		X	X	X			X	X
	Produto 11	X	X						X	X				X	X	X	XX	X	XX	XX
	Produto 12				X		X		X		X				X	X		X	X	
	Produto 13										X	X	X	X	X	X	X			
	Produto 14									X			X	X	X	X	X	X		
	Produto 15	X			X				X							X			XXX	X
	Produto 16		X												X	X	X		X	X
Família 3	Produto 17	X		X					X	X					X			XX	XX	X
	Produto 18	X														X			XXX	XX
	Produto 19	X	X		X	X				X					X	X	XX	X	XX	XX
	Produto 20	X	X					X	X							X		X	XX	XXX
	Produto 21	X						X					X	X	X	X	X			
	Produto 22	XX	X					X			XX				X	X		XX	XXXX	XX
	Produto 23	X	X	X				X		X	X				X	X	X	X	XX	XX
	Produto 24	X	X								X	X	X	X	XX	X	XX	X	X	
	Produto 25	X								X	X								X	X

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Diante disso, no quadro 3 fizemos a separação dos produtos em três famílias.

Quadro 4: Os produtos separados em família.

Família	Produto
Família 1	1- Reparação de caixa excêntrica 2- Reparação em Carcaça 3- Eixo pinhão 4- Reparação em Eixo Morgan 5- Reparação em Caixa de Mancal 6- Reparação em eixo cardan aciaria 7- Reparação em Conjunto de Oscilador 8- Reparação em Acoplamento
Família 2	9- Recuperação peneira de sinter 10- Reparação em Tambor 11- Fabricação de Flange 12- Reparação em Tambor Ponte Rolante 13- Reparação de caçamba 14- Reparação em Conjunto de Rolo 15- Reparação em Guia de Laminação 16- Fabricação de rolo guia
Família 3	17- Reparação em Redutor Flender 360E 18- Reparação em Roldana 19- Reparação em Moitão 20- Reparação em Redutor de Translação 21- Reparação em Rolo 22- Reparação em roda tripla 23- Reparação em Truque 24- Reparação em Redutor do Pré Acabador 25- Fabricação de turbina

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Diante desses critérios analisados, os produtos foram separados em três famílias, que são:

A família 1 – foco em usinagem, ou seja, mais de 80% de seu processo de fabricação é realizada na área de usinagem.

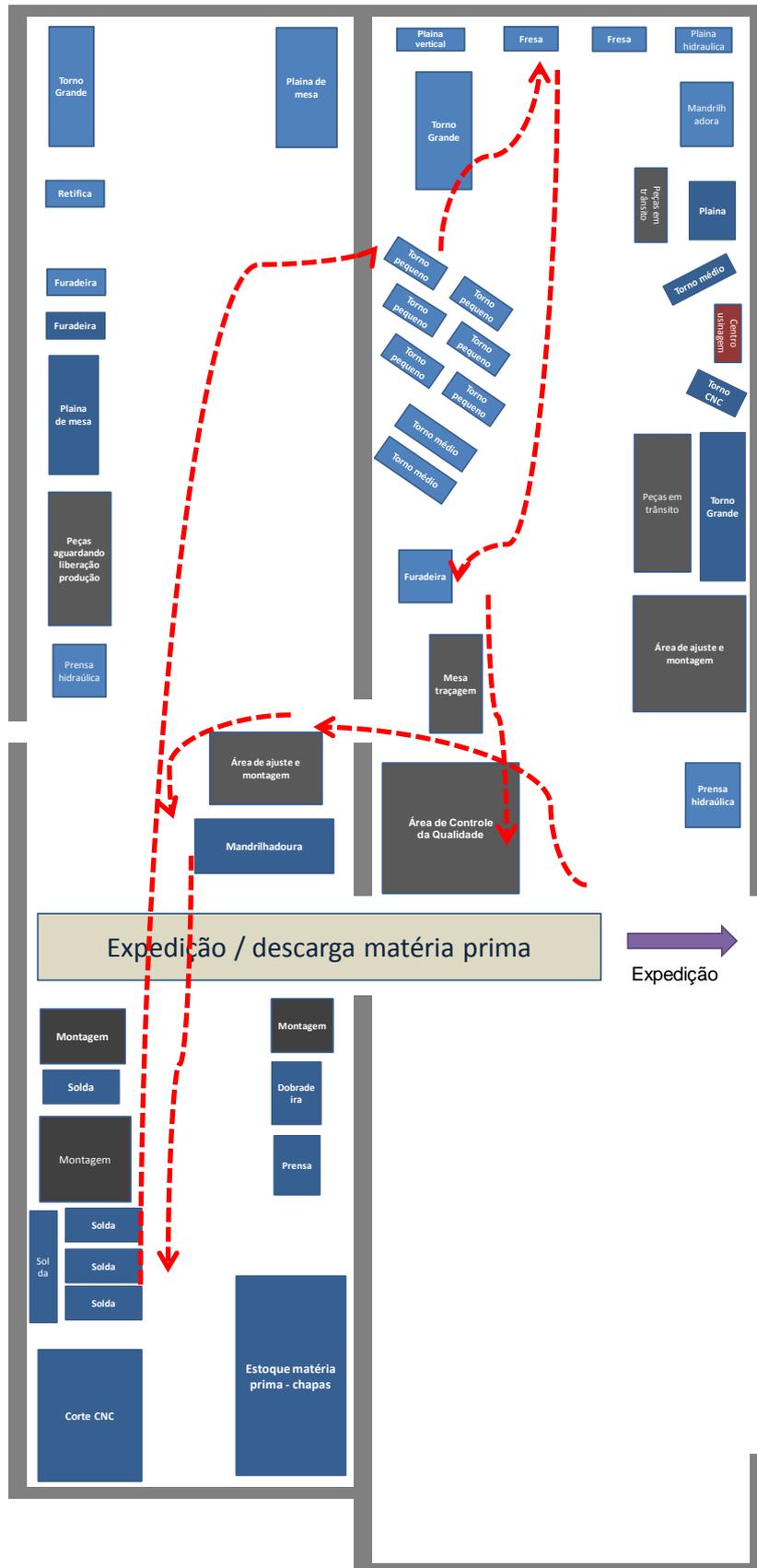
A Família 2 – foco em caldeiraria, ou seja, mais de 80% de seu processo de fabricação é realizado na área de caldeiraria.

Família 3- sistema misto, foco distribuído em caldeiraria e usinagem, o seu processo e fabricação é distribuído de forma uniforme entre usinagem e caldeiraria

#### **4.3.2. Fluxo de produção das famílias dos produtos**

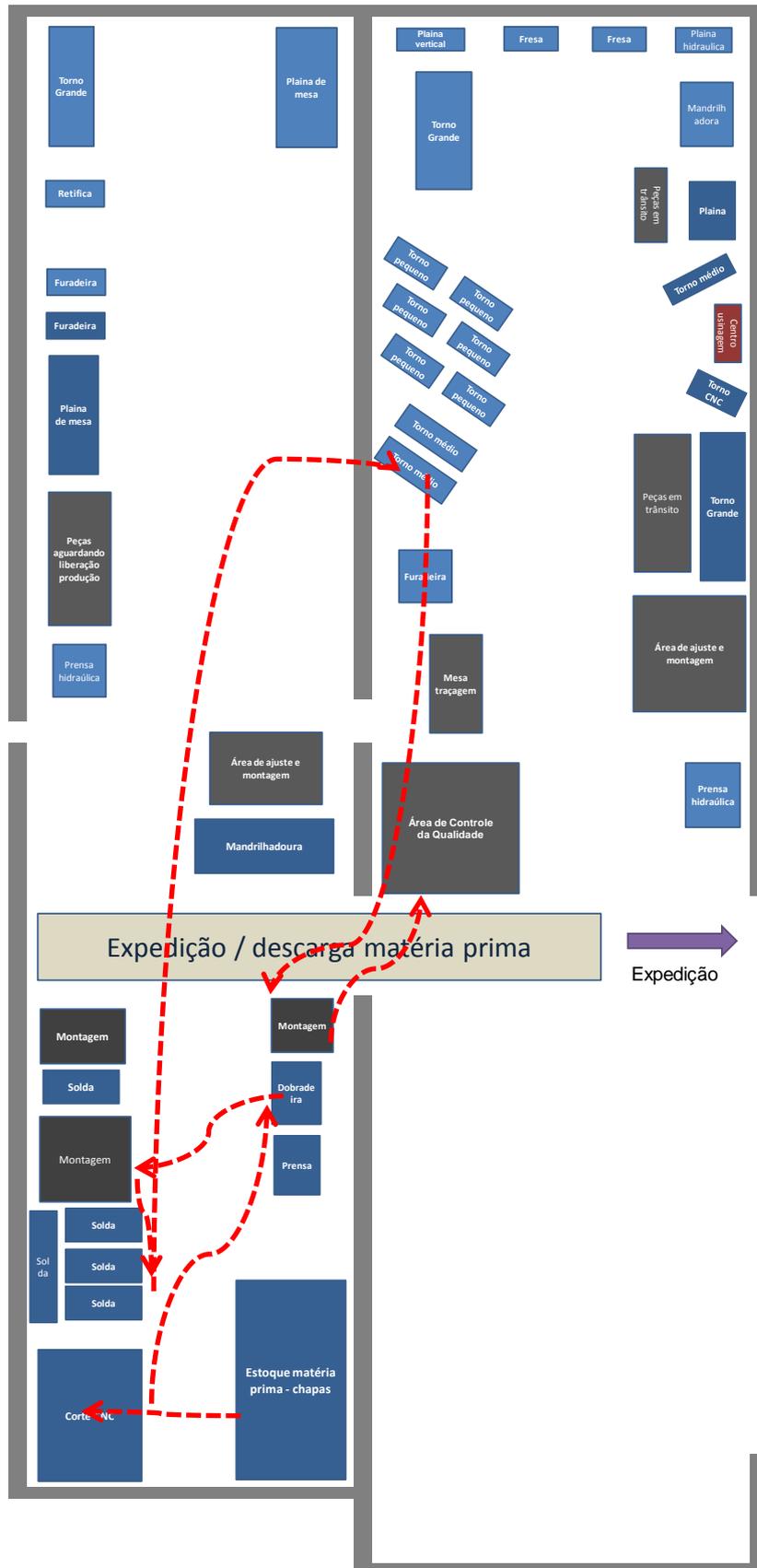
Nas Figuras 18, 19 e 20 estão o fluxo de processo das famílias 1,2 e 3 respectivamente.

Figura 18: Fluxo de processos da família 1.



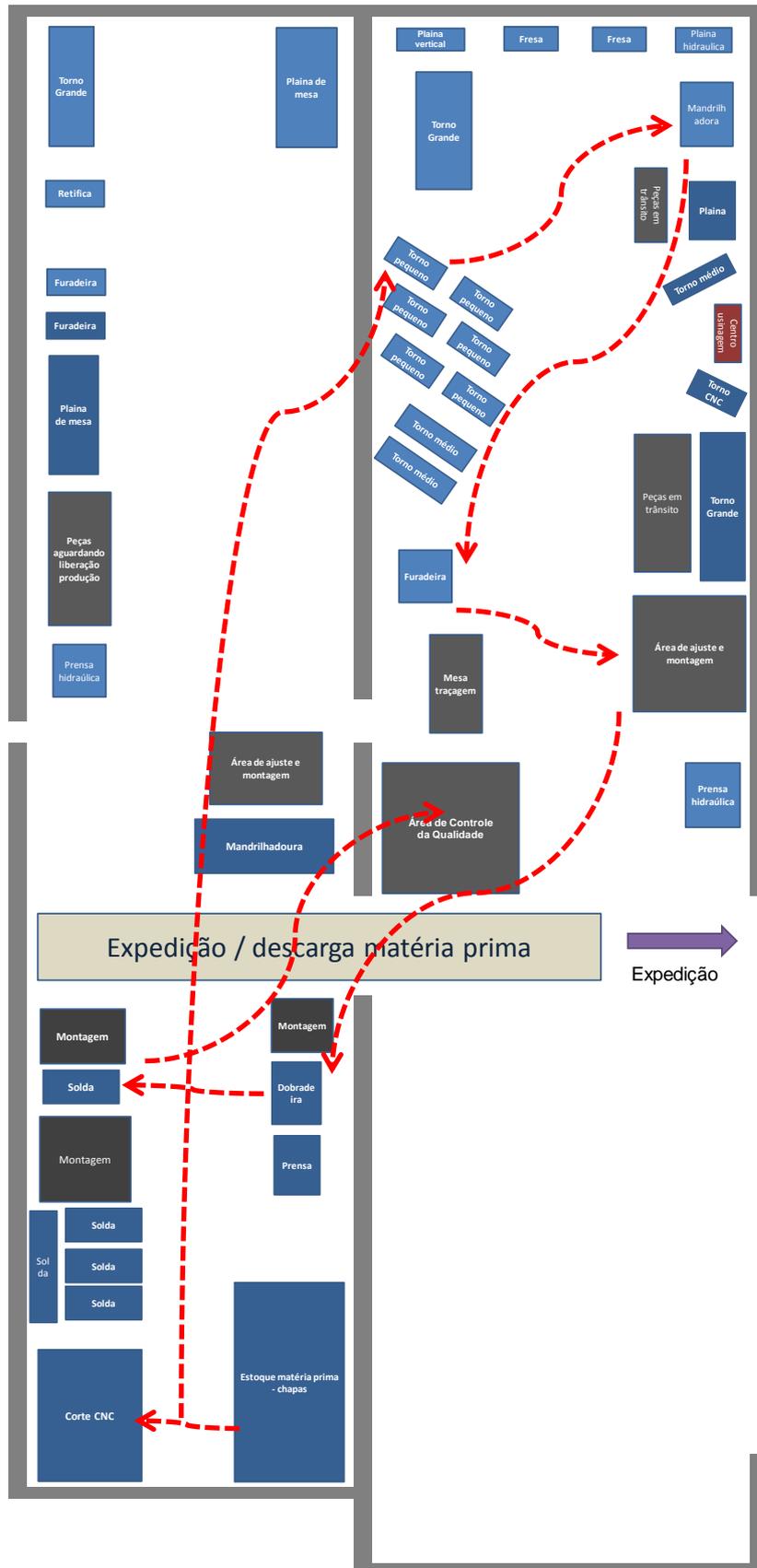
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 19: Fluxo de processos da família 2.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 20: Fluxo de processos da família 3.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

#### 4.4. Análise do processo de produção

Na tabela 1 a quantidade de metros percorrido por cada família.

Tabela 1: Quantidade de metros percorrida pelas famílias.

Família	Distância em metros
1	180
2	150
3	216

Fonte: realizado pelo próprio autor.

Família 1:

Existe uma reclamação dos clientes devido ao longo tempo de processamento principalmente nos dois produtos mais críticos, que são os produtos 1- Recuperação caixa excêntrica e o produto 2- Reparação em Carcaça. Na tabela 2 o tempo de processamento dos produtos.

Tabela 2: Tempo de processamento dos produtos mais críticos.

Recuperação caixa excêntrica	71 dias - total de 16 amostras
Reparação em Carcaça	76 dias -total de 10 amostras

Fonte: realizado pelo próprio autor.

Através da matriz produto *versus* planejamento de produção, na Figura 15 foi possível observar um acúmulo de serviço em determinadas máquinas, em especial fresa e torno pequeno, em contra partida no torno CNC que podem realizar os mesmos procedimentos uma baixa taxa de ocupação e também no centro de usinagem adquirido pela empresa.

Verificou-se que na mandrilhadora ocorre grande perda de tempo aguardando ponte rolante, pois a ponte rolante que atende esse equipamento é a mesma que atende a caldeiraria, com isso ela fica sobrecarregada. A necessidade de ponte rolante na mandrilhadora, seria na colocação, retirada e movimentação da peça que está sendo trabalhada, na tabela 3 o tempo de

perca no aguardo da ponte rolante. Normalmente temos a demanda de 1 a 2 retiradas de peças na máquina por dia.

Tabela 3: Tempo de desperdício na ponte rolante.

Tempo de parada da máquina aguardando ponte rolante	90,4 minutos por dia - Medição foi realizadas no mês de janeiro até março de 2019.
---	---

Fonte: realizado pelo próprio autor.

Verificou-se também a necessidade de soldas pontuais em alguns produtos, com isso apareceu um grande desperdício de tempo do funcionário com o deslocamento para ir do galpão da usinagem até a caldeiraria, onde ocorre a soldagem, ou seja, é pouco tempo de solda comparado com o tempo que o funcionário gasta para ir do galpão de usinagem para o galpão de caldeiraria para realizar a solda.

#### Família 2:

Foi observado que no galpão de caldeiraria são realizadas um grande número de atividades ao mesmo tempo, dentre elas:

- cinco cabines de solda simultâneas;
- três pontos de montagem;
- um ponto de dobramento;
- um ponto de prensa/ desempenho.

Na Figura 21 a cabine de solda da empresa.

Figura 21: Cabine de solda da empresa.



Fonte: realizado pelo próprio autor.

Essas atividades demandam uma necessidade de ponte rolante muito grande, gerando uma perda de tempo bastante excessiva, pois o operador por diversas vezes necessita esperar a disponibilidade da ponte rolante. Na quase totalidade das peças são de peso que não é viável carregar as peças de forma manual, pois são bastante pesadas.

Além dessas atividades, a empresa tem o estoque de chapa e montagem e desmontagem de grandes peças de maneira rotineira, como peneiras.

Essas peças se acumulam na empresa, porque mesmo prontas, acabam permanecendo no estoque da empresa aguardando o pedido de troca do cliente. Isso demanda um grande período de tempo, chegando até há alguns meses de espera. Isto ocupa muito espaço que poderia ser utilizado para produção.

### Família 3:

Nessa família para o processo de fabricação do produto é necessária a passagem em todos os galpões da empresa. Nessas passagens é necessária a utilização da ponte rolante para a troca de galpão, além disso precisa utilizar o carrinho para a troca de galpão. Esse carrinho é movimentado manualmente pelo operador, gerando perda de tempo no processo de fabricação. Na Figura 22, o carrinho que é utilizado no transporte das peças de forma manual.

Figura 22: O carrinho manual.



Fonte: realizado pelo próprio autor.

#### 4.4.1. Propostas de melhorias

Diante dos problemas encontrados nos processos produtivos das famílias foram realizadas reuniões com os funcionários da produção da empresa para encontrar soluções viáveis para os problemas. Nessas reuniões foram colocadas diversas propostas que foram levadas aos gerentes para análise.

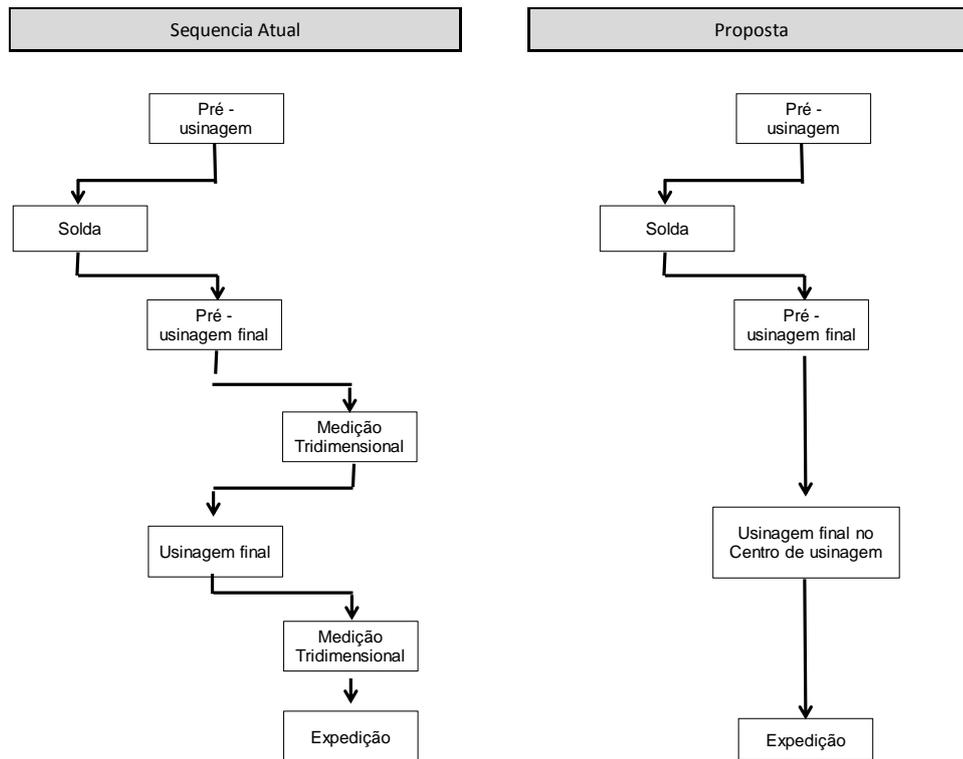
##### Família 1:

O primeiro problema da família 1 foi o longo tempo de processamento dos produtos, a análise na área mostra o processo produtivo do produto 1 e produto 2.

A sua proposta de melhoria foi baseada nas seguintes premissas: desenvolvimento em mais de um processo na empresa para eliminar alta taxa de ocupação do torno pequeno e da fresa, gerando espera, com isso a peça fica aguardando processamento.

Esse novo processo proposto seria realizado no torno CNC ou no centro de usinagem. Na Figura 23 abaixo ilustra a sequência atual e a proposta.

Figura 23: Sequencia atual e sequencia proposta do produto 1 e produto 2



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Outro problema encontrado no fluxo produtivo da família 1 foi a perda de produção, devido à necessidade de esperar o operador da ponte rolante.

A solução proposta para esse problema foi a utilização da ponte rolante do galpão de equipamentos auxiliares (a frente do galpão da caldeiraria). Essa ponte tem o tempo de utilização menor, e a proposta consiste em prolongar o trilho da ponte de forma a alcançar a mandrilhadora mais utilizada.

A movimentação de peças ao longo da oficina é muito complexa, pois necessita, durante o processo, a utilização de ponte rolante, troca de galpão e utilização de carrinho manual, essa movimentação gera muita perda de tempo. Diante disso, para as pequenas soldas, a proposta seria ter uma solda manual, pois o tempo de deslocamento do funcionário da usinagem até o ponto de solda é muito maior do que o tempo de solda propriamente dito.

## Família 2

A família 2 apresenta um grande número de atividades realizadas ao mesmo tempo em que necessitam da ponte rolante como a montagem e desmontagem de grandes peças, como proposta para esses problemas seria o deslocamento de peças com grandes montagens para um novo galpão que ainda está em construção, mas já permite a sua utilização como a

colocação de grandes peças, essa montagem e desmontagem de equipamentos demora em média de 1 mês.

Outro problema da família 2 seria o excesso de movimentação da matéria prima, tomando tempo da produção. Para este problema a proposta encontrada seria retirar o estoque deste galpão.

A família 3 apresenta como principal problema a utilização de carrinhos de empurrar de forma manual para levar as peças para outro galpão, a proposta de melhoria apresentada seria a otimização da ponte rolante fazendo com que as duas pontes rolantes tenham uma área de atuação em comum, ou seja, uma ponte iria entrar no galpão da outra. Conseqüentemente não seria necessário colocar o produto em um carrinho para passar para outro galpão. No quadro 4 é apresentado o resumo dos problemas de cada família, bem como as propostas apresentadas.

Quadro 5: Problema e proposta apresentada.

Família	Problema	Proposta
Família 1	Acúmulo de serviço no torno pequeno e na fresa.	Desenvolvimento do portfólio no torno CNC e no Centro de Usinagem.
Família 1	Perda de tempo na mandrilhadora aguardando ponte rolante.	Ponte rolante com acesso ao outro galpão.
Família 1	Desperdício de tempo ao ir até a caldeiraria realizar solda.	Utilização de soldagem manual.
Família 2	Necessidade da ponte rolante para a montagem e desmontagem de grandes peças	Transferir grandes peças para o galpão 4.
Família 2	Excesso de movimentação de matéria prima.	Retirar o estoque deste galpão.
Família 3	Utilização de carrinhos de empurrar de forma manual para levar as peças para outro galpão.	Aumentar a área de atuação da ponte rolante.

Fonte: realizada pelo próprio autor

#### 4.4.2. Implementação das melhorias

Depois de descoberta as principais ações e possíveis melhorias foram desenvolvidas um plano de ação. No quadro 5 o plano de ação da implementação das melhorias da família 1 no ano de 2019.

Quadro 6: Plano de ação das melhorias da família 1.

O QUE FAZER	COMO	QUEM	QUANDO													
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Desenvolvimento do portfolio no torno CNC e no Centro de Usinagem.	Desenvolver plano de usinagem	Analista PCP														
	Desenvolver ferramentas específicas	Supervisor														
	Desenvolver dispositivo	Supervisor														
	implementar	Torneiro														
Ponte rolante com acesso ao outro galpão.	Fazer projeto para ponte do galpão 2 acessar mandrilhadora	Projetista														
	Compras das matérias primas	Suprimentos														
	Implantação da área	Empresa terceirizada														
Utilização de soldagem manual.	Compra de equipamento móvel de solda	Suprimentos														

Fonte: realizada pelo próprio autor.

No quadro 6 o plano de ação da implementação das melhorias da família 2.

Quadro 7: Plano de ação das melhorias da família 2.

O QUE FAZER	COMO	QUEM	QUANDO													
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Transferir grandes peças para o galpão 4.	Finalizar construção do galpão 4.	Empresa terceirizada														
	Finalizar construção de ponte rolante.	Pessoal especializado														
Retirar estoque do galpão 4	Transferências das baias de estocagem do galpão 3 para o 4	Supervisor de caldeiraria														

Fonte: realizada pelo próprio autor.

No quadro 7 o plano de ação da implementação das melhorias da família 3.

Quadro 8: Plano de ação das melhorias da família 3.

O QUE FAZER	COMO	QUEM	QUANDO												
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Aumentar a área de atuação da ponte rolante.	Desenvolver projeto específico	Pessoal especializado													
	Implatação na área	Pessoal especializado													

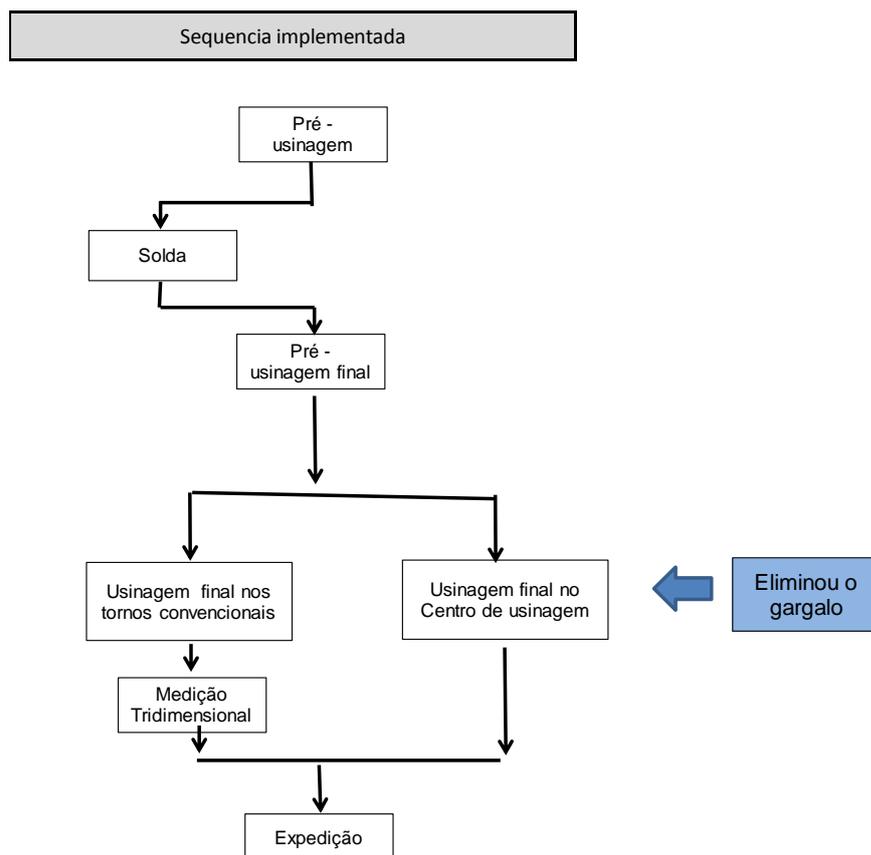
Fonte: realizada pelo próprio autor.

## 5. RESULTADOS

Família 1:

Com o desenvolvimento do portfólio no torno CNC e no centro de usinagem, nos produtos 1- Recuperação caixa excêntrica e no produto 2- Reparação em Carcaça em que existia um longo tempo de processamento, houve um ganho de produtividade. Esta ação eliminou o gargalo existente na produção que era a usinagem final. Isso permitiu não só a redução do tempo, como o aumento de capacidade de produção deste produto. Isso vai capacitar a Esmetal a absorver um possível aumento de demanda em função da duplicação deste cliente. Na Figura 24 abaixo a sequência de produção implementada na empresa.

Figura 24: Sequencia implementada.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Na tabela 4 uma comparação do tempo de recuperação dos produtos antes e depois de desenvolvido. No tempo de recuperação posterior foram medidas como média de 4 amostras para caixas excêntricas e média de 3 amostras para carcaça.

Tabela 4: Plano de ação das melhorias da família 3.

Produto	Tempo de recuperação antes	Tempo de recuperação depois
Caixa excêntrica	71 dias	66 dias
Carcaça	76 dias	64 dias

Fonte: realizada pelo próprio autor.

No produto 1- Recuperação de caixa excêntrica obteve um ganho de 5 dias, gerando 7,01% de ganho. No produto 2- Recuperação de carcaça obteve um ganho de 12 dias, gerando 15,78% de ganho.

No segundo item do plano de ação para a família 1, foi a implementação da ponte rolante com acesso ao outro galpão para facilitar a colocada e retirada de peças na mandrilhadora, foi feito o acesso conforme a Figura 25 abaixo. A seta vermelha mostra o novo trilho implantado. Com isso permitiu a empresa trabalhar com a ponte que tem uma menor demanda.

Figura 25: Acesso da ponte a mandrilhadora.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Na tabela 5 o tempo de espera do funcionário da ponte rolante antes e depois. Medição em um mês após a implantação.

Tabela 5: Tempo de desperdício pela falta da ponte rolante.

<b>Tempo antes em minutos/dia</b>	<b>Tempo depois em minutos/dia</b>
<b>90,4</b>	<b>32</b>

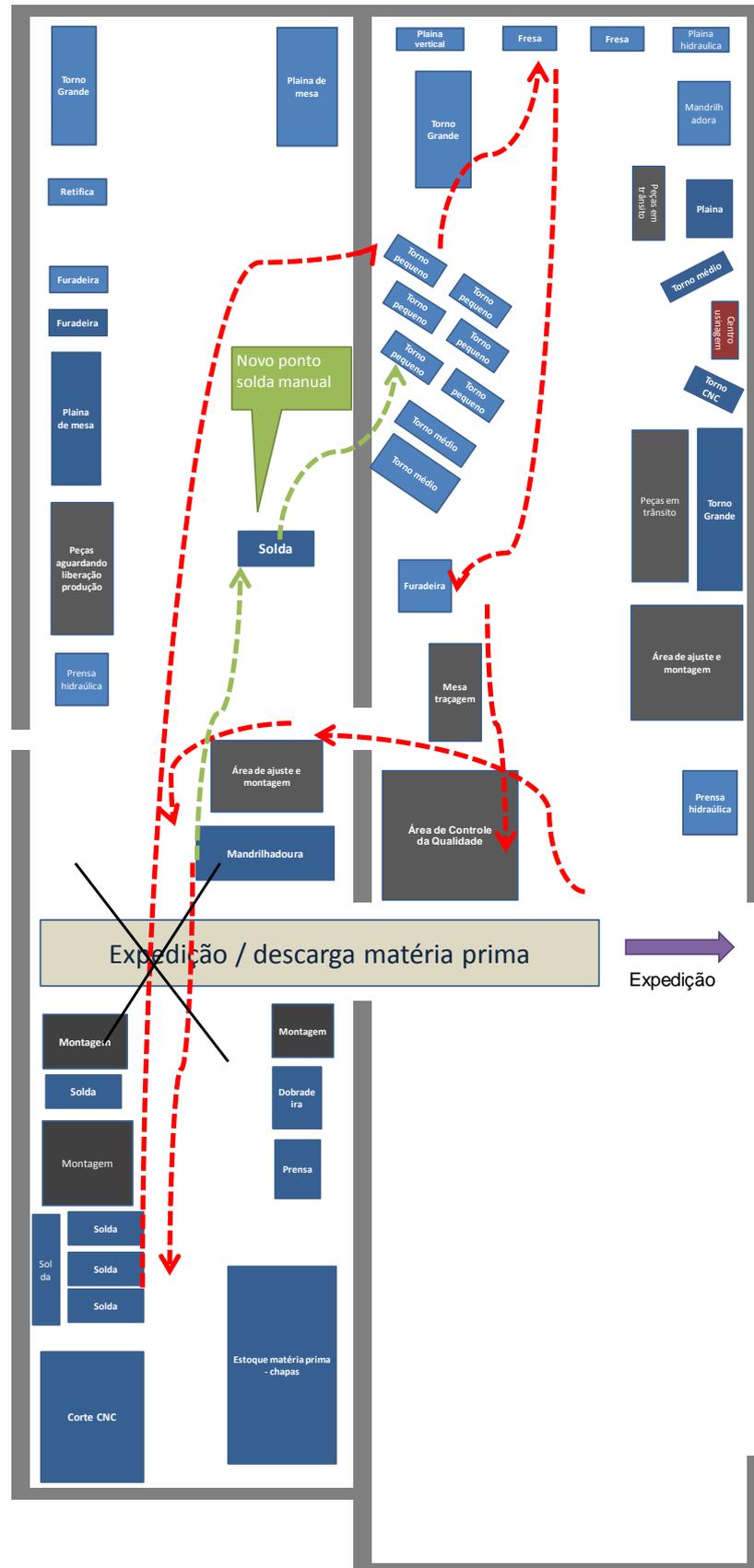
Fonte: realizada pelo próprio autor.

Com isso, a empresa obteve uma economia de tempo na espera da ponte rolante de 58,4 minutos por dia, um ganho de 64, 6%.

O terceiro item do plano de melhorias da família 1 foi a aquisição pela empresa de uma solda manual para diminuir o tempo que o funcionário gastava de ir até o galpão de caldeiraria para realizar a solda. Esse tempo total de transporte da peça até a solda foi reduzido de 30 minutos para 5 minutos.

Na Figura 26 o novo fluxo de processo da família 1.

Figura 26: Novo fluxo de processos da família 1.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Na tabela 6 a quantidade de metros percorrido pela família 1 antes e depois das melhorias implementadas.

Tabela 6: Quantidade de metros percorrida pela família 1 antes e depois.

Antes	Depois
180 metros	140 metros

Fonte: realizado pelo próprio autor.

Família 2:

Na família 2, a primeira melhoria foi a transferência de grandes peças para o novo galpão. Essa mudança abriu espaço no galpão da caldeiraria para aumento da capacidade de montagem e reduziu a demanda de ponte rolante, disponibilizando a ponte rolante para a montagem. Na Figura 27 o exemplo de um produto no novo galpão.

Figura 27: Peneira no novo galpão.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Outra mudança realizada na família 2 foi a retirada de matérias prima do galpão da caldeiraria. O efeito foi o mesmo da mudança acima. Permitiu a abertura de espaço no galpão da caldeiraria para aumento da capacidade de montagem e reduziu a demanda de ponte

rolante neste galpão, disponibilizando-a para a montagem. O que também ajudou foi o fato de o novo galpão ter entrada externa, com isso as peças grandes e matérias primas podem entrar diretamente por ele. Na Figura 28 as matérias primas no novo galpão.

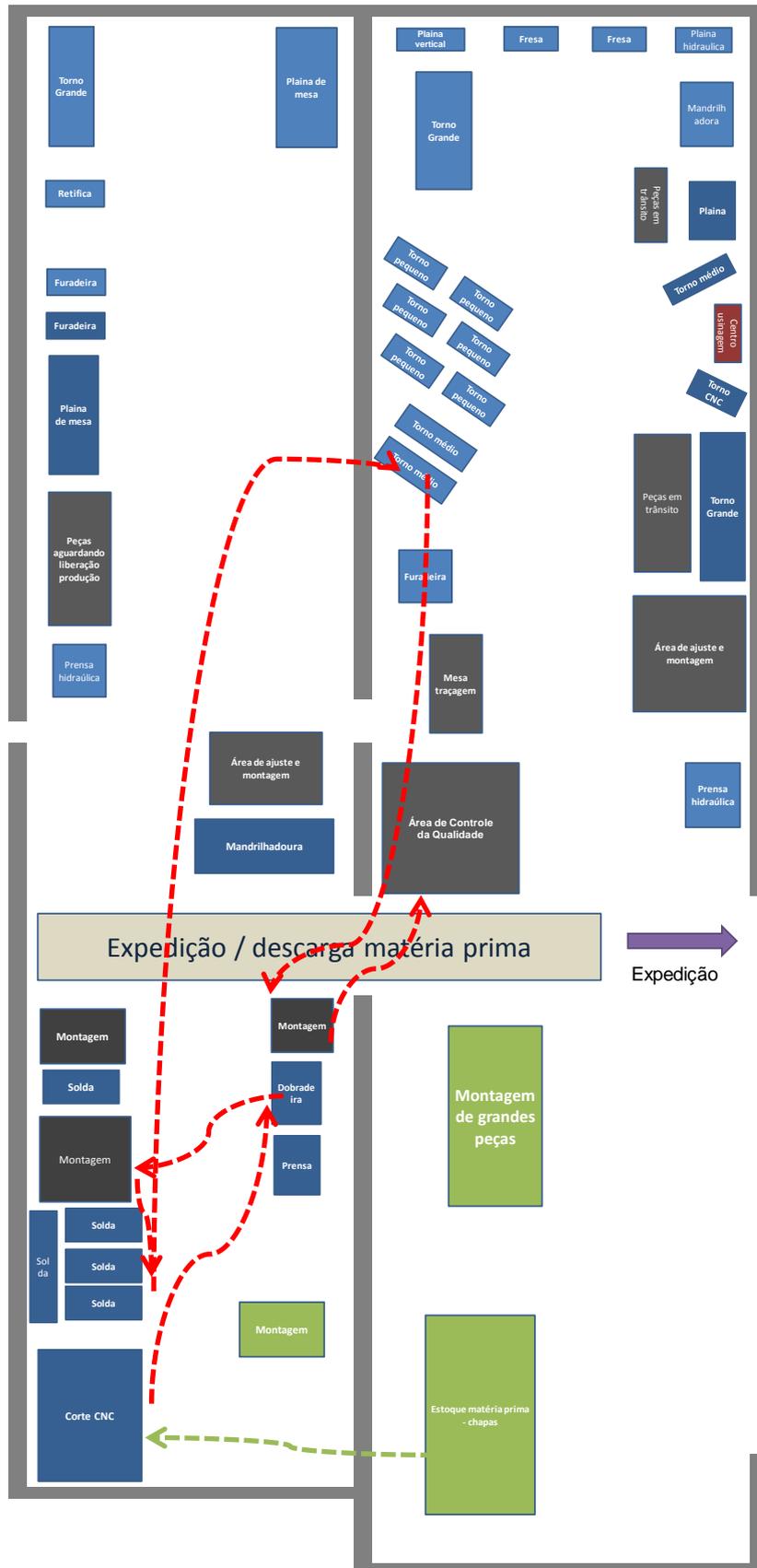
Figura 28: Matérias primas no novo galpão.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Na Figura 29 o novo fluxo de processo da família 2.

Figura 29: Novo fluxo de processos da família 2.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Os ganhos das melhorias acima foram:

- Abriu mais 01 ponto para montagem de caldeiraria, ou seja, aumento de 33% na produção;
- Aumento na disponibilidade de ponte rolante. Este item permite o ganho do item acima, ou seja, esta disponibilidade é condição para cumprir o aumento citado.

Família 3:

Na família 3 a melhoria realizada foi aumentar a área de atuação da ponte rolante, com isso foi eliminada a utilização do carrinho de mão para o transporte da peça entre os galpões. Na Figura 30 a Figura da melhoria da ponte rolante para a eliminação do carrinho manual.

Figura 30: Melhoria na ponte rolante.



Fonte: realizada pelo próprio autor.

Com a eliminação do carrinho manual, ganhou-se um tempo de 32 minutos nas peças que a utilizam na área. Na Figura 31 o novo fluxo de processo da família 3.



No quadro 8, o resumo dos ganhos obtidos com esse trabalho.

Quadro 9: Resumo dos ganhos.

Família 1
-----------

Desenvolvimento novas rotas

Produto	Tempo antes dias	Tempo depois dias
Caixa excêntrica	71	66
Carcaça	76	64

Acesso à ponte rolante mandrilhadora

Redução do tempo de espera	Tempo antes minutos	Tempo depois minutos
	90,4	32

Novo ponto de solda

Redução do tempo para levar a peça	Tempo antes minutos	Tempo depois minutos
	30	5

Redução da distância percorrida total- m	180	140
---	-----	-----

Família 2
-----------

Mudança *layout* estoque e montagem grandes peças

Aumento capacidade de caldeiraria	Capacidade antes - %	Capacidade depois - %
	100	133

Família 3
-----------

Acesso a 2 pontes em ponto de interseção.

Eliminação transporte manual

Redução tempo de transporte	=> Ganho de 32 minutos por peça
-----------------------------	---------------------------------

Fonte: realizada pelo próprio autor.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho conseguiu realizar a identificação dos pontos de desperdícios na Esmetal com a realização do mapeamento do processo produtivos, dividindo-o em três famílias diferentes, cada uma com as suas características e também com a realização do Diagrama de Espaguete de cada família. Com estes dados e com a colaboração de todos os funcionários foi realizado o levantamento de possíveis pontos de melhorias.

As melhorias realizadas geraram grandes resultados para a empresa. Implantado a redistribuição dos locais de execução das tarefas, realocado serviços em máquinas que estavam subutilizadas e desafogando aquelas que estavam com bastante serviço.

Também conseguimos implantar melhorias no *layout* da empresa, diminuindo assim o tempo de deslocamento dos funcionários com a realização de tarefas, colocando um novo ponto de solda para as peças que necessitam de soldas pontuais, otimização da ponte rolante facilitando o transporte de peças que antes eram transportadas através de um carrinho de forma manual.

Além disso, conseguimos realocar a reparação das grandes peças e também as matérias primas em um novo local. Estas ações permitiram um aumento significativo no processo de caldeiraria através do aumento da área útil disponível e disponibilidade de ponte rolante, fundamentais neste processo.

Este trabalho aumentou a capacidade produtiva da Esmetal sem a necessidade de grandes investimentos.

As principais dificuldades encontradas foram o fato de que a empresa possui limitações financeiras de compra de novos equipamentos e de pessoal para a implementação das melhorias, os principais desafios foram convencer a diretoria que era possível a implementação da metodologia *Lean Manufacturing* na empresa, bem como implementar e fazer as medições dos ganhos.

Para trabalhos futuros seria importante a implementação de equipamentos automatizados que levam menos tempo e reduzem os erros, visto que foram observados durante a execução do trabalho a ocorrência de erros nos produtos.

## REFERÊNCIAS

- CONTADOR, J. C. *et al.* **Gestão de operações: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- Esmetal: Disponível em: <<https://www.esmetal.com.br>>. Acesso em: 18 set. 2019.
- FILHO, T. **O Projeto de Fábrica e Layout.** Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, 2010.
- GEORGE, M. L.; MAXEI, **The Lean Six Sigma Pocket Tool book: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed,** New York: McGraw-Hill., 2005.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar.** Rio de Janeiro: Record, 1997.
- HINES, P. & TAYLOR, D. **Going Lean.** Lean Enterprise Research Centre Text Matters. New York, 2000
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- NEUMANN, C., & SCALICE, R. (2015). **Projeto de Fábrica e Layout.** 1 ed, Rio de Janeiro, 2015. ISBN 978-85-352-5407-5 (1ª ed.). Rio de Janeiro: Campus, 2015.
- MOURA, R. A. **Armazenagem: do recebimento À Expedição em Almoarifados ou Centros de Distribuição** (5ª ed.). São Paulo: Insituto IMAM., 2008.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações.** 5 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- MOREIRA, D. A. **Administração de produção e operações.** São Paulo: Pioneira, 2004.
- MOREIRA, D.A. **Introdução à administração da produção e operações.** 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia de trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- PEINADO, J; GRAEML, A. R. **Administração da produção: Operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.
- OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala** Porto Alegre, 1997.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see – La mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi.** Lean Enterprise Institute: Cambridge, Massachussets, USA, 2009.
- SEIXAS, H. L. S. **Análise de fluxo e redefinição do layout da área produtiva.** 2014.
- SILVA, M. G.; MOREIRA, B. B. **Aplicação da metodologia SLP na reformulação do layout de uma microempresa do setor moveleiro.** Salvador: ENEGEP, 2009.
- SLACK, N. *et al.* **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., & JOHNSTON, R.. **Administração da Produção** 2ª ed. São Paulo: Atlas.
- STEVENSON, W. J. **Administração das Operações de Produção.** LTC. 6ª edição. Rio de Janeiro, 2001.

TOMPKINS, J. A. *et al.* "**Facilities Planning**". 4. ed. John Wiley e Sons, Inc. Copyright, 1996

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura lean seis sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOMACK, J.P., JONES, D.T. & ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo** (3ª ed.). Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P. & JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4a Edição. Rio de Janeiro, 1998.

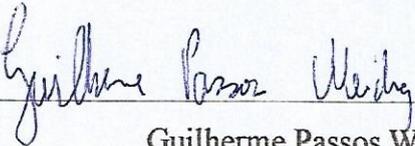
YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.



## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Aplicação da metodologia Lean Manufacturing em uma indústria mecânica” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 20 de dezembro de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Guilherme Passos Weidig