

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VICTOR PEREIRA DE OLIVEIRA ZANETTI GOMES

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE LEAD TIME DE PRODUÇÃO DE ROLOS DE
MOINHOS PARA CAFÉ**

CURITIBA

2022

VICTOR PEREIRA DE OLIVEIRA ZANETTI GOMES

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE LEAD TIME DE PRODUÇÃO DE ROLOS DE
MOINHOS PARA CAFÉ**

Lead time reduction proposal for the production of coffee grinder rolls

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Walter Luís Mikos.

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

VICTOR PEREIRA DE OLIVEIRA ZANETTI GOMES

**PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE LEAD TIME DE PRODUÇÃO DE ROLOS DE
MOINHOS PARA CAFÉ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/junho/2022

Walter Luís Mikos
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adriano Lima
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carla Cristina Amodio Estorilio Titulação
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2022

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a elaboração de uma proposta de redução de *lead time* e de capital investido em estoque da operação de fabricação de rolos de moinho de café. Neste trabalho foram utilizando ferramentas da metodologia *lean manufacturing*. Quanto ao enquadramento da pesquisa, ela se enquadra como um estudo de caso, sendo uma estratégia de pesquisa exploratória que busca propor uma hipótese para solução de um problema. Para elaborar a proposta de redução de *lead time* e capital investido no processo produtivo de rolos de moinho utilizou-se a ferramenta do mapa de fluxo de valor. Após a análise do estado atual, formulou-se a proposta do estado futuro e para validação da proposta utilizou-se do *software Process Simulator* para simular seu comportamento no período de um ano.

Palavras-chave: *lead time; lean manufacturing; redução de estoque; kanban*

ABSTRACT

On this bachelor thesis is reported the elaboration of a proposal to reduce lead time and capital invested in stock of the coffee mill rolls manufacturing operation using lean manufacturing tools. As for the research framework, the research fits as a case study, being an exploratory research strategy that seeks to propose a hypothesis to solve a problem. To elaborate the proposal to reduce lead time and capital invested in the production process of mill rolls, the value stream map tool was used. After analyzing the current state with the VSM, the proposal of the future state was formulated and for the validation of the proposal, the Process Simulator software was used to simulate its behavior in a period of one year.

Keywords: lead time; lean manufacturing; stock reduction; kanban

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de moagem de café em moinho de rolos	9
Figura 2 – Etapas MFV	11
Figura 3 – Cliente e necessidades	15
Figura 4 – Caixa de processo e caixa de dados	18
Figura 5 – Interações entre caixas de processos	23
Figura 6 – Quantidade de rolos fabricados	27
Figura 7 – Fluxograma	29
Figura 8 – Modelo do processo produtivo para simulação	40
Figura 9 – Simulação de comportamento dos <i>kanbans</i> 1 e 2	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
MFV	Mapa de fluxo de valor
VSM	<i>Value map stream</i>
FIFO	<i>First in first out</i>
ERP	<i>Enterprise resource planning</i>
SMED	<i>Single minute exchange of dies</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização	9
1.2 Caracterização do problema	9
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo geral	11
1.3.2 Objetivo específico	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 <i>Lean Manufacturing (Sistema de produção enxuta)</i>	12
2.1.1 Desperdícios	13
2.1.1.1 Defeitos	13
2.1.1.2 Espera	14
2.1.1.3 Excesso de processamento	14
2.1.1.4 Estoque	15
2.1.1.5 Superprodução	16
2.1.1.6 Movimentação	17
2.1.1.7 Transporte	17
2.1.2 Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	18
2.1.2.1 Mapa de fluxo de valor	18
2.1.2.2 <i>Kanban</i>	23
3 METODOLOGIA	25
4 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Mapa de fluxo de valor	27
4.1.1 Escolha da família de produtos	27
4.1.2 Descrição do processo produtivo	29
4.1.3 Estado atual	33
4.1.4 Estado futuro	38
5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	45
REFERÊNCIAS	46
Apêndice A.....	47
Apêndice B.....	48
Apêndice C.....	49
Apêndice D.....	50

1.1 Contextualização

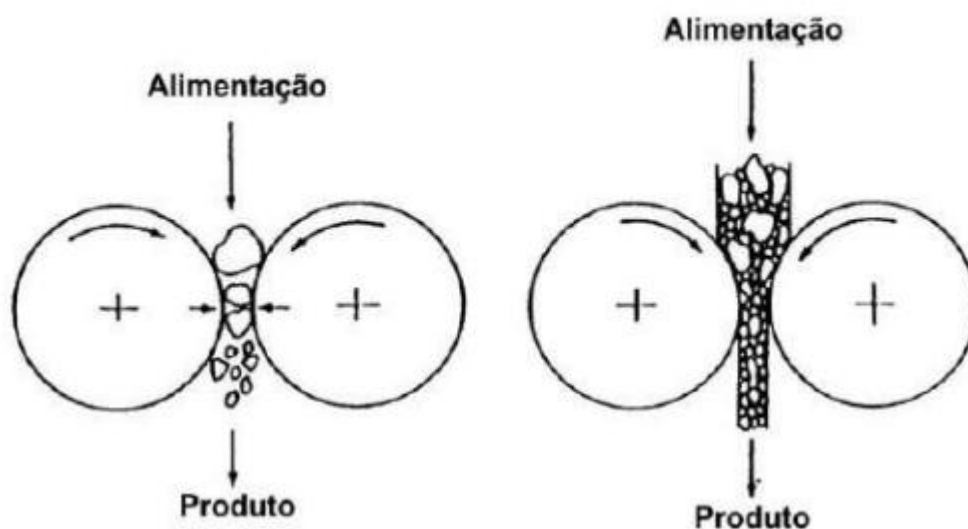
O mercado econômico atual está envolvido por um ambiente de extrema competitividade entre os participantes deste sistema. E esta característica incentiva a busca por maneiras de tornar as operações industriais mais eficientes. Com este objetivo, empresas analisam os seus processos produtivos buscando áreas, nas quais pode-se aprimorar e assim obter vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. Na busca por otimizar processos produtivos, diversas metodologias foram criadas. Em 1940, na Toyota, foi criado o sistema de produção Toyota, o qual almejava aumentar a eficiência enxergando a produção como um fluxo contínuo. Esta abordagem contrastava com o modelo Americano de busca pela eficiência desenvolvido inicialmente por Henry Ford. O modelo Fordista desejava alcançar a eficiência através da produção em massa de produtos com baixa variabilidade. As publicações dos livros “A máquina que mudou o mundo” (Womack, et al; 1990) e “*Lean Thinking*” (Womack and Jones; 1996) popularizaram o Sistema de Produção Toyota, que posteriormente se tornou a metodologia conhecida como *Lean Manufacturing*. Esta metodologia se baseia em três conceitos, identificação de valor, eliminação de desperdícios e criação de um fluxo de produção. Os benefícios comumente associados a implementação do *Lean Manufacturing* em processos produtivos são a diminuição de lead time para os clientes, redução de estoques nas fabricas e aumento do conhecimento sobre o processo produtivo (MELTON ,2005).

1.2 Caraterização do Problema

Este estudo de caso foi realizado em uma indústria do ramo de equipamentos para a indústria cafeeira. No portfólio de produtos produzidos pela empresa encontram-se torradores, moinhos, silos e sistemas de transporte de café. A categoria de produtos que focaremos neste estudo são os moinhos de rolos A e B. Estes dois equipamentos possuem o mecanismo de moagem baseado em dois rolos posicionados de forma paralela e com uma pequena distância entre eles. O café que está sendo processado pelo equipamento passa entre os rolos e é comprimido por

eles. A compressão em conjunto com as estrias nas superfícies dos rolos transforma o grão de café em partículas menores. Este processo é exemplificado na figura 1.

Figura 1 – Esquema de moagem de café em moinho de rolos



Fonte: Adaptado de Ferro (2018)

Os moinhos de rolos A e B possuem quatro estágios, ou seja, possuem quatro pares de rolos que realizam o processo de moagem desde o grão de café até o café moído pronto para ser embalado.

Devido a característica deste processo de moagem, os rolos sofrem um elevado desgaste por atrito. O desgaste causa a necessidade de manutenções periódicas e substituições por rolos novos. Esta característica dos moinhos de rolos gera uma demanda a empresa não somente para a produção de rolos para novos equipamentos, mas também para a substituição em sistemas de moagem que já sofreram desgaste.

Os rolos para os moinhos A e B possuem uma representatividade relevante dos negócios da empresa. Simultaneamente possuem um processo produtivo complexo, com longo lead time e grandes volumes de estoque. Por estes motivos aplicação da metodologia *Lean Manufacturing* é uma ótima ferramenta para aprimorar o processo produtivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo do processo de produção de rolos de moinhos para café, e através da metodologia *Lean Manufacturing* apresentar uma proposta de adequação do processo visando a redução do *lead time* e redução de estoques.

1.3.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Esquematizar o processo produtivo atual da empresa.
- Analisar o mapeamento e identificar desperdícios e pontos de melhorias.
- Elaborar uma proposta de redução de *lead time* e estoques com base na metodologia *Lean Manufacturing*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Lean Manufacturing (Sistema de Produção Enxuta)

O *Lean Manufacturing*, apesar de não possuir uma definição consensual, pode ser entendido como um processo dinâmico de mudanças, que buscam a melhoria contínua e eliminação de desperdícios através de um sistema de princípios e melhores práticas (LIMA et al, 2016).

A metodologia *Lean* possui como pontos chaves para a sua aplicação a identificação e definição de valor, identificação de desperdícios, desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada a melhoria contínua e criação de uma base de gestão de conhecimento (MELTON, 2005).

A identificação e definição de valor para o cliente são os pontos iniciais para a aplicação da metodologia *Lean*. Sem o entendimento do que o cliente identifica como valor não é possível alcançar os benefícios do *Lean Manufacturing*. (AZEVEDO, 2017)

Segundo Melton (2005), desperdício pode ser definido como toda ação no decorrer de um processo produtivo que não agrega valor ao cliente. A eliminação ou redução de desperdícios, conhecido também pela expressão japonesa *Muda*, é um dos passos que possibilita o aumento de eficiência dos processos de produção e consequente redução de custos operacionais (LIMA et al, 2016).

Porém nem toda atividade que se enquadra na definição de desperdício do *Lean Manufacturing* pode ser eliminada. Algumas atividades que não agregam valor ao cliente podem agregar valor à companhia, como a elaboração de relatórios financeiros, e por este motivo não podem ser eliminados (MELTON, 2005).

O gerenciamento de conhecimento é fundamental para a implementação de práticas *Lean* dentro de organizações. Isto se deve a necessidade de equipes e trabalhadores multifuncionais que assumem maior responsabilidade nas decisões do dia a dia da operação das fabricas. Estas alterações geram uma mudança na

alocação de recursos ao longo do fluxo de valor. E são uma mudança importante da cultura organizacional em conjunto com o ciclo de melhoria contínua. (DILL; PASQUALINI, 2017)

Para a aplicação da metodologia *Lean* em um sistema produtivo, pode-se adotar as seguintes etapas. Inicia-se com a documentação do processo como é realizado atualmente e a sua performance. Na sequência define-se o valor que um determinado fluxo produz ao cliente e identifica-se os desperdícios dentro deste fluxo. Na próxima etapa redesenha-se o fluxo de produção eliminando ou reduzindo os desperdícios. Para finalizar testa-se e valida-se o processo redesenhado. (SABA e SILVA; DE GENARO CHIROLI, 2020)

2.1.1 Desperdícios

2.1.1.1 Defeitos

O desperdício definido como defeito se refere a produtos que após o processamento não atendem as especificações de projeto e as necessidades do cliente. Conseqüentemente estes produtos necessitam de retrabalho, que geram aumento de custos ao processo. E se não houver a possibilidade de retrabalho, o defeito representa a perda dos recursos investidos naquele processo. No quadro 1 abaixo são apresentados as causas, conseqüências e possíveis soluções para este defeito (MELTON, 2005).

Quadro 1 - Defeitos

Causas	Conseqüências	Soluções
Erros do operador	Retrabalho	Implementar <i>Poka-Yoke</i>
Não ocorrência de inspeções antes da finalização do produto.	Aumento do lead time	Definir causa raiz do defeito

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.2 Espera

A espera, como desperdício definido pelo *Lean Manufacturing*, é definida como um período de ociosidade. Neste período produtos, pessoas ou equipamentos estão esperando para dar início ao processo produtivo. As causas, consequências e possíveis soluções para este desperdício são apresentadas no quadro 2 (LIMA et al, 2016).

Quadro 2 - Espera

Causas	Consequências	Soluções
Falta de componentes	Diminuição da eficiência	Alteração de layout
Problemas no Layout	Aumento do lead time	Implementação do SMED
Alto tempo de Setup	Não cumprimento de prazos de entrega	Balancear postos de trabalho

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.3 Excesso de processamento

O desperdício de excesso de processamento está conectado a atividades que não agregam valor ao cliente. Ou seja, atividades que poderiam ser realizadas de maneiras mais simples ou não são necessárias na elaboração de um produto. Apresentadas no quadro 3 estão as causas, consequências e soluções plausíveis (LIMA et al, 2016).

Quadro 3 – Excesso de processamento

Causas	Consequências	Soluções
Instruções de trabalho ambíguas	Aumento de custos	Elaborar instruções de trabalho claras e objetivas
Falta de conhecimento das necessidades do cliente	Má utilização de recursos	Automatização de processos
Falhas de comunicação	-	Investimento na capacitação dos operadores

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.4 Estoque

O armazenamento desnecessário de matérias primas, produtos intermediários e produtos é considerado desperdício de estoque. Este excesso de materiais em estoque gera sobre carga nos locais destinados a armazenagem, além do recurso financeiro despendido para aquisição dos insumos e materiais primas. No quadro abaixo, pode-se visualizar as causas, consequências e soluções deste desperdício (MELTON, 2005)

Quadro 4 - Estoque

Causas	Consequências	Soluções
Antecipação de produção	Aumento de movimentações e transportes desnecessários	Utilização do sistema de produção <i>Just-in-time</i>
Problemas de <i>layout</i>	Aumento da necessidade de espaço para armazenagem	Automatização de processos

Processos com ritmos e velocidades discrepantes	Recursos financeiros alocados em estoque	Investimento na capacitação dos operadores
---	--	--

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.5 Superprodução

Este desperdício é definido pela produção em excesso de produtos que não são requeridos pelo cliente ou processo seguinte. Mesmo considerando os efeitos negativos da superprodução, empresas continuam esta prática devido a ela ser capaz de suprir ineficiências geradas por outras falhas durante o processo produtivo. As causas, consequências e soluções para este desperdício são apresentadas no quadro abaixo (LOPES, 2021).

Quadro 5 - Superprodução

Causas	Consequências	Soluções
Produção em excesso para compensar quantidade de defeitos	Acúmulo de produtos <i>work in progress</i>	Utilizar sistema de produção puxado, como o <i>just in time</i> e suas ferramentas, <i>kanban</i> .
Produção em grandes lotes	Não identificação de falhas no processo produtivo	Balancear postos de trabalho
Ineficiência da manutenção preventiva	Antecipação de compra de matéria primas	Operação em fluxo contínuo.

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.6 Movimentação

O desperdício de movimentação se refere a ao excesso de movimentos utilizados em uma linha de produção. Muitas vezes esta movimentação está ligada a busca de matérias primas e ferramentas pelos operadores. As possíveis causas, consequências e soluções estão demonstradas no quadro 6 (MELTON, 2005).

Quadro 6 - Movimentação

Causas	Consequências	Soluções
Operações isoladas	Redução da produtividade	Promover a padronização das operações.
Problema de <i>layout</i> , por exemplo localização de estoques.	Desgaste físico e baixa motivação dos colaboradores	Ajuste de <i>layout</i>

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.1.7 Transporte

O desperdício, definido como transporte, é a movimentação excessiva de matérias primas ou produtos acabados. Este descolamento não agrega valor ao cliente. Algumas características deste desperdício são apresentadas do quadro abaixo (LOPES, 2021).

Quadro 7 - Transporte

Causas	Consequências	Soluções
--------	---------------	----------

Planejamento inadequado da produção	Aumento de custos	Diminuir distancias entre pontos de trabalhos ou entre armazenagem e ponto de trabalho
Estratégia de armazenagem de matérias primas e produtos acabados.	Ocorrência de espera em processos produtivos	Reduzir nível de estoque
Problemas de <i>layout</i>	Utilização de recursos desnecessários	Implementar uma produção puxada.

Fonte: Adaptado de Lopes (2021)

2.1.2 Ferramentas do Lean Manufacturing

2.1.2.1 Mapa de Fluxo de Valor

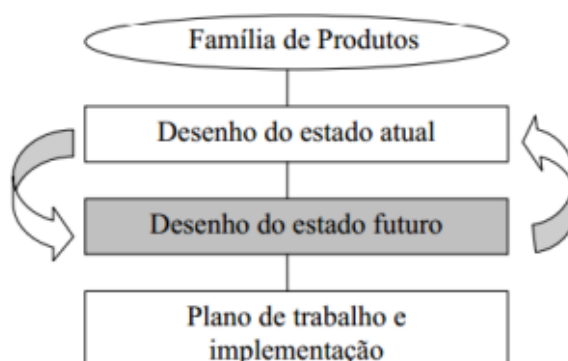
Para compreender um mapa de fluxo de valor é necessário entender o significado de um fluxo de valor. Segundo Rother e Shook (2003), fluxo de valor é toda ação necessária para que um determinado produto percorra a totalidade dos fluxos de sua produção. As ações descritas em um mapa de fluxo de valor podem ou não agregar valor ao item fabricado. Além do fluxo de matérias, o MFV também possui a capacidade de mapear o fluxo de informações de um processo produtivo. De acordo com Lima et al. (2016) o mapeamento do fluxo de valor geralmente abrange desde a entrega da matéria prima pelo fornecedor até a expedição do produto. Com esta visão é possível observar o todo de um processo produtivo ao invés de células de trabalho isoladas.

O mapa de fluxo de valor é uma ferramenta que pode ser utilizada com diversos objetivos, por exemplo comunicação e gerenciamento. Saurin et al. (2010), identificaram, em sua revisão da literatura, que o mapa de fluxo de valor é uma ferramenta amplamente utilizada em processos de implementação da metodologia

Lean Manufacturing. E os resultados comumente atingidos com a aplicação desta ferramenta são a redução de lead time e aumento da produtividade. Segundo Lima et al. (2016), o MFV possui eficácia na eliminação de desperdícios.

Para a utilização do MFV é necessário identificar uma família de produtos, na qual o método será aplicado. Esta escolha, segundo Rother e Shook (2003), é baseada em produtos com processos produtivos semelhantes. Idealmente, produtos que se enquadram na mesma família possuem as últimas etapas de produção realizadas na mesma máquina. Com a família de produtos definida, inicia-se o mapeamento do estado atual do fluxo de valor. Para coletar os dados necessários para a elaboração do MFV é recomendável que se percorra todo o fluxo do processo produtivo pessoalmente. Assim é possível ter os dados mais próximos a realidade das atividades. Conhecendo o fluxo de valor atual de um processo de produção, elaborase uma proposta para a eliminação dos desperdícios identificados. Esta proposta é apresentada como um mapa de fluxo de valor do estado futuro. No desenvolvimento do plano de ação para implementação do estado futuro planejado, geralmente, são utilizadas práticas e ferramentas do *Lean Manufacturing*. Na figura 2, pode-se observar as etapas do mapeamento de fluxo de valor.

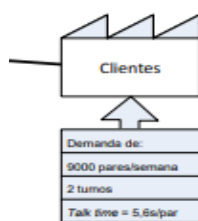
Figura 2 – Etapas MFV



Fonte: Rother e Shook (2003)

A primeira etapa para se desenhar um mapa de fluxo de valor é a inclusão do ícone do cliente. Normalmente localizado no canto superior direito. Abaixo dele adiciona-se um caixa de dados, na qual são registradas as necessidades e informações sobre o cliente. Rother e Shook (2003). Na figura 3, pode-se ver um exemplo da representação de um cliente e suas necessidades.

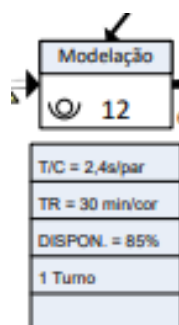
Figura 3 – Cliente e necessidades.



Fonte: Lima et al. (2016)

Com o cliente e suas necessidades básicas definidas, parte-se para a inclusão dos processos básicos de fabricação. Para representá-los, utiliza-se uma caixa de processos conforme a figura 3. Com o objetivo de facilitar a visualização em um MFV, caixas de processos não são utilizadas para processos individuais. Para Royer et al. (2018), uma caixa de processo é a etapa onde valor é agregado ao produto. Ou seja, gera alterações de informações ou material. Para Rother e Shook (2003), define-se uma caixa de processo como a representação de um fluxo de material. E uma caixa de processo é finalizada, quando o fluxo é cessado. Normalmente identifica-se um ponto de finalização se é observado o acúmulo de estoque entre duas etapas produtivas. Abaixo de cada processo, pode-se incluir uma caixa de dados para informar detalhes de como aquela tarefa determinada é executada. As características frequentemente incluídas nesta seção são tempo de ciclo, tempo de troca, disponibilidade real do equipamento, taxa de refugo, número de operadores, tamanho de lotes, lead time do processo, entre outros. Esta forma esta exemplificada na figura 4.

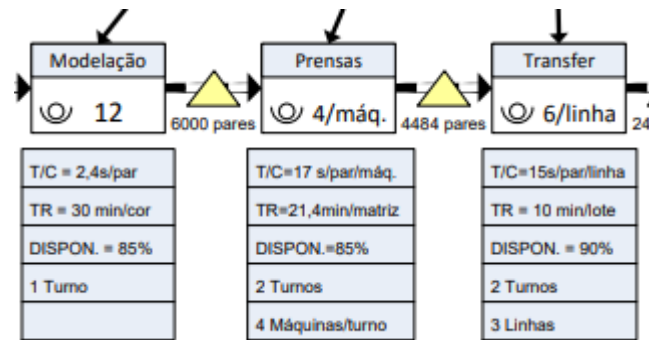
Figura 4 – Caixa de processo e caixa de dados.



Fonte: Lima et al. (2016)

Entre as caixas de processos que representam um fluxo de valor existem diversas simbologias que podem ser utilizadas para representar as interações entre dois ou mais processos. Uma maneira de interação entre dois processos é o fluxo de informações. Este fluxo pode ser efetuado tanto pela forma física, por exemplo através de uma ordem de fabricação impressa, quanto pela forma digital, como e-mail e através de um ERP. Além do fluxo de informações, também é simbolizado entre duas caixas de processo o fluxo de material. Há diversas formas que o fluxo de material pode ser conduzido dentro de uma empresa. Dentre as mais utilizadas estão o processo empurrado, o fluxo FIFO, *first in first out*, supermercados, *kanbans* de produção, entre outros. Algumas outras interações que podem ser representadas entre dois processos são estoques intermediários, recebimento de materiais de fornecedores e entrega de produtos a clientes. Na figura 5, podemos ver um exemplo onde é representado a interação entre processos (ROYER et al, 2018).

Figura 5 – Interações entre caixas de processos



Fonte: Lima et al. (2016)

Na parte inferior do mapa de fluxo de valor é incluído uma linha indicadora do tempo do fluxo. Ela é utilizada como uma forma de calcular, expor e representar o lead time e o somatório dos tempos de ciclo dentro do lead time de cada processo. Na figura abaixo pode-se ver a aplicação de uma linha de tempo em um mapa de fluxo de valor.

2.1.2.2 Kanban

O sistema *kanban* é originário do Sistema de Produção Toyota, e foi desenvolvido para atuar na transmissão de informações. Este sistema utiliza a metodologia de produção puxada para controlar o fluxo de materiais entre postos de trabalhos. A implementação do *kanban* tem como resultado usual a redução de estoques de matérias primas, estoques intermediários e produtos acabados. Segundo Ohno (1997), entre as suas principais funções estão o controle de estoques, reduzir o transporte excessivo, eliminar a superprodução e fornecer informações sobre a produção de um determinado produto.

A maneira mais comumente utilizada para a implementação do *kanban* é através de cartões. Esta solução tem bastante aderência devido a ser uma forma simples e barata para o controle da produção. Um cartão *kanban*, geralmente, contém algumas informações como descrição da peça, referência, capacidade do contentor, processo

anterior e processo seguinte. Na imagem abaixo, pode-se verificar um modelo de cartão *kanban* (LOPES, 2021).

Existem algumas metodologias de como calcular a quantidade de cartões utilizadas em um sistema *kanban*. O objetivo deste cálculo é reduzir a quantidade de estoques intermediários e, simultaneamente, garantir que não haverá falta de estoque. Segundo Huang e Kusiak (1996), utiliza-se como variáveis para este cálculo do número de cartões (K), o consumo médio por unidade de tempo (DD), o lead time de reposição (L), o estoque de segurança (α) e a capacidade de um contentor(C):

$$K = DD \times L \times (1 + \alpha)/C$$

Alguns fatores que contribuem para o sucesso da implementação do *kanban* são a colaboração com fornecedores, comprometimento dos operadores, do departamento de qualidade e da equipe de gestão da companhia.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo foram apresentadas a metodologia com base na qual foi elaborada a pesquisa presente neste trabalho. Para se realizar uma pesquisa é fundamental que se defina o tipo de pesquisa a ser realizada para determinar a melhor forma de desenvolvimento do projeto. Pois cada forma de pesquisa, possui uma metodologia adequada para sua realização.

A pesquisa elaborada neste trabalho pode ser considerada, de acordo com Gil, (2002), de natureza aplicada, por ser uma pesquisa orientada para uma investigação original e concebida pelos interesses de adquirir novos conhecimentos voltados para uma aplicação prática.

Segundo Gil, (1999), uma pesquisa qualitativa é uma pesquisa na qual, para possibilitar a maior expansão de conhecimento, ocorrem a interpretação de fenômenos e a atribuição de significados. Esta abordagem de pesquisa foi utilizada na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

De acordo com Dias, (2004), uma pesquisa exploratória tem como objetivo gerar hipóteses ou explicações prováveis e assim identificar áreas, nas quais podem ser realizados estudos mais aprofundados. A característica principal deste objetivo de pesquisa é a possibilidade de se desenvolver ideias que ocorrem no decorrer no desenvolvimento do projeto.

É indispensável selecionar os procedimentos técnicos utilizados para desenvolver a pesquisa. Considerando as características da pesquisa elaborada neste trabalho, se pode dividir os procedimentos utilizados em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. Este trabalho compreende pesquisa bibliográfica, pois houve busca na literatura para adquirir maior compreensão sobre os temas abordados. A pesquisa documental foi realizada através da consulta de documentos e do sistema ERP da empresa para a obtenção de dados utilizados no trabalho de conclusão de curso. O estudo de caso foi utilizado como uma investigação das características individuais dos processos.

A pesquisa elaborada neste trabalho pode ser classificada como de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com objetivos exploratórios e com procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso.

O estudo de caso se inicia com a aplicação da ferramenta mapa de fluxo de valor. Como primeiro passo para aplicar esta metodologia define-se a família de produtos. Na sequência desenha-se o mapa do estado atual de produção dos rolos do moinho. Com base na análise do mapa do estado atual propõe-se modificações neste processo, que são apresentadas no mapa do estado futuro. Para validar as modificações do estado futuro é elaborado uma simulação no *software Process Simulator*.

4 Análise de Resultados e Discussões

Para elaborar a proposta para a redução de *lead time* de fabricação de rolos de moinho e redução do capital investido em estoque iniciou-se com a análise do processo produtivo como é realizado atualmente. A ferramenta selecionada para executar tal função foi o mapa de fluxo de valor.

4.1 Mapa de Fluxo de Valor

4.1.1 Escolha da família de produtos

O passo inicial para a aplicação da metodologia do mapa de fluxo de valor é a definição da família de produtos, na qual a técnica será utilizada. Na empresa abordada neste trabalho, que produz equipamentos para torrefações de café, a família de produtos escolhida foram os rolos para os moinhos A e B. Estes produtos foram selecionados para serem o escopo deste trabalho devido à alta demanda por rolos dos moinhos A e B, pelo longo *lead time* de produção desta família de produtos.

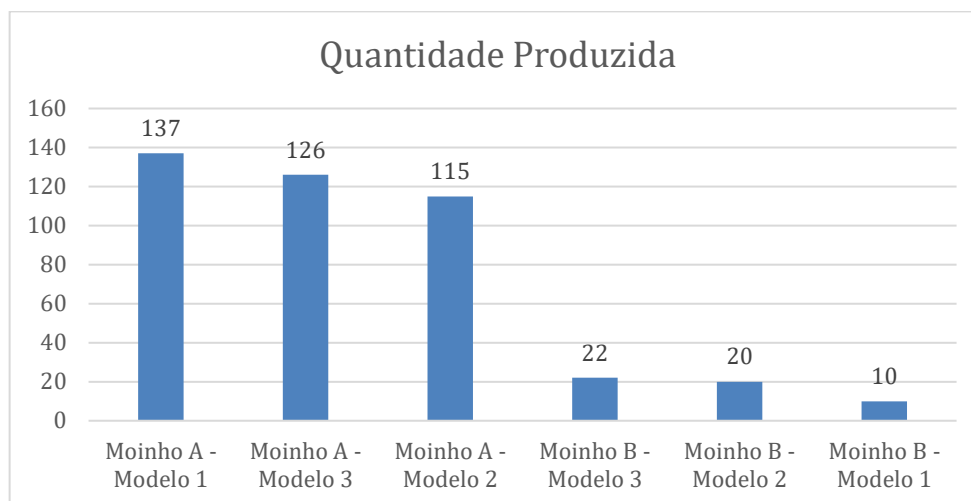
Os rolos dos moinhos A e B foram considerados da mesma família, pois utilizam as mesmas matérias primas em sua fabricação e são produzidos através do mesmo fluxo de processos. Eles diferenciam-se apenas pelo acoplamento no sistema de motorização do moinho.

Para definir a demanda por rolos de moinho A e B realizou-se um levantamento, através do sistema ERP da empresa, do número de rolos de cada moinho vendidos ou utilizado na fabricação de moinhos no período de 2019 a 2021. Os dados obtidos neste levantamento são mostrados na figura 6, na qual estão distribuídos de acordo com o moinho e o modelo de rolo.

Após a análise dos dados conclui-se que a demanda anual por rolos de moinho é de, aproximadamente, 143 unidades. Notou-se também que a demanda por rolos de

moinho não é igualmente distribuída entre os moinhos A e B. Os rolos para o moinho A, representam 93% do volume produzido.

Figura 6 – Quantidade de rolos fabricados



Fonte: O Autor

Devido ao volume de produção dos rolos do moinho A serem expressivamente maiores que o moinho B, focou-se nestes produtos para a determinação do *lead time* de produção. Para o cálculo do *lead time* considerou-se o intervalo de tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e a expedição do produto. Com este escopo, buscou-se os dados no ERP e eles estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Lead time Médio

Descrição	Lead Time Médio (dias)	Desvio Padrão
Moinho A Modelo 1	81,95	44,83
Moinho A Modelo 2	77,53	52,98

Moinho A Modelo 3	78,53	52,73
-------------------	-------	-------

Fonte: O Autor

Com os dados apresentados acima percebeu-se que o desvio padrão dos *lead times* de produção são elevados. Esta característica demonstra a variação de tempo percorrido para entrega do produto ao cliente e pode ser interpretada como ineficiência do processo produtivo.

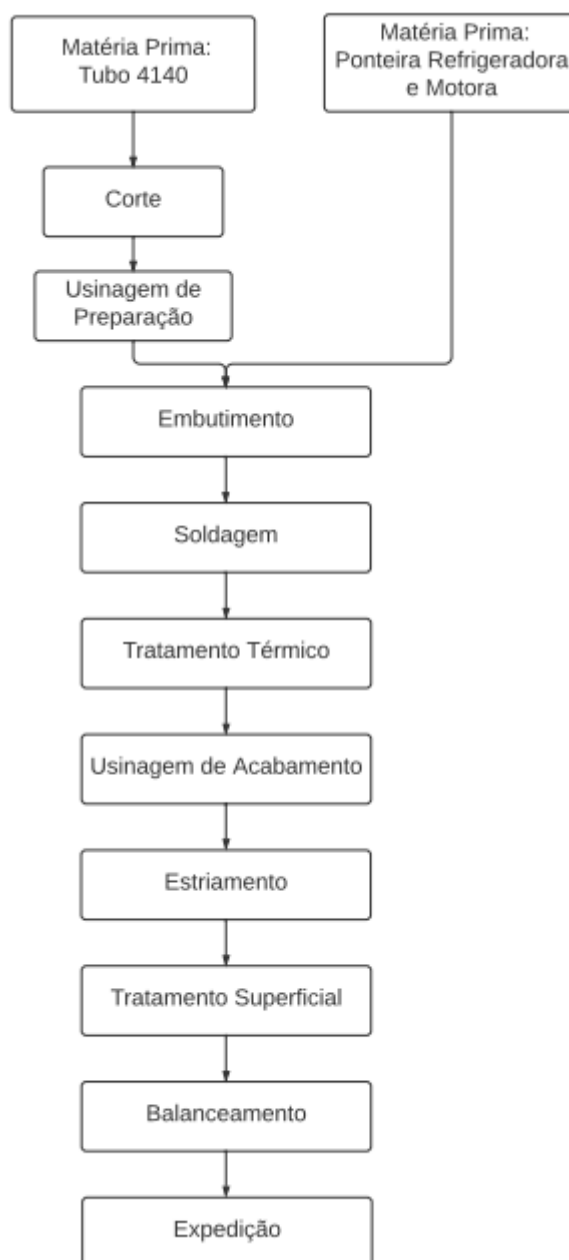
4.1.2 Descrição do Processo Produtivo

Com a família de produtos definidas, partiu-se para o desenvolvimento do mapa de fluxo de valor do estado atual. Porém, como não há histórico da utilização desta ferramenta na empresa e não há uma instrução de trabalho definida para esta família de produtos, antes da elaboração do MFV foi necessário definir as etapas de produção e descrevê-las.

Para isto realizou-se entrevistas orais com os operadores de todos os setores envolvidos no processo produtivo para a coleta de informações. Nesta entrevista focou-se em obter uma descrição detalhada de como cada operação é realizada.

De acordo com os dados obtidos nas entrevistas, divide-se o processo de fabricação dos rolos de moinho nas seguintes etapas: corte, usinagem de preparação, embutimento, soldagem, tratamento térmico, usinagem de acabamento, estriamento, tratamento superficial e balanceamento. Estes processos ocorrem conforme o fluxograma descrito n figura 7.

Figura 7 - Fluxograma



Fonte: O Autor.

Antes de iniciar a descrição do processo produtivo, também se definiu as matérias primas utilizadas no processo de fabricação de rolos de moinho para café, assim como suas peculiaridades de fornecimento. Elas são o tubo de aço SAE 4140, a ponteira refrigeradora e ponteira motora. O tubo de aço 4140 é adquirido em barras de 6 metros. Com o *lead time* para entrega deste material de cerca de 90 dias. As ponteiras refrigeradora e motora são fabricadas através do processo de fundição e são usinadas no fornecedor, para que as duas ponteiras sejam fornecidas prontas para a utilização no processo produtivo. O lote mínimo para compra destas matérias

primas é 30 unidades de cada ponteira com entrega aproximadamente 90 dias após a implementação do pedido de compra.

Na etapa inicial do processo produtivo, corte, a barra de 6 metros do tubo de aço SAE 4140 é cortada em 10 unidades de 600 mm de comprimento. Este processo se inicia com o deslocamento da barra de 6 metros de seu local de armazenagem com o auxílio de uma empilhadeira e ponte rolante. A barra é posicionada na serra fita com 3 cavaletes dando suporte ao longo do comprimento do tubo. Com a matéria prima devidamente posicionada a operação de corte de uma unidade do tubo é realizada. Após o corte a peça é armazenada em um *pallet* e o tubo é reposicionado, ambos os processos utilizam a ponte rolante para a movimentação do material. Com a finalização desta etapa o pallet contendo 10 tubos cortados é armazenado na área destinada para envio ao próximo processo. A partir deste ponto este material é chamado de corpo do rolo.

A próxima etapa do processo produtivo é a usinagem de acabamento do corpo do rolo. Neste processo ocorrem a usinagem do diâmetro interno e externo da peça. A usinagem do diâmetro interno possui duas funções, a de eliminar irregularidades da superfície do material e criar um rebaixo no diâmetro interno que funciona como suporte para encaixes das ponteiras. A remoção de irregularidades na superfície interna é necessária para o processo de balanceamento, que será realizado posteriormente no rolo, ser bem-sucedido. A usinagem do diâmetro externo tem como objetivo aproximar esta medida do diâmetro final da peça e assim diminuir a quantidade de material a ser removido posteriormente na usinagem de precisão. Este processo de usinagem é terceirizado para uma empresa parceira. São enviados lotes de 10 peças com *lead time* de 2 semanas para a entrega do material.

O processo de embutimento inicia-se separando as 3 matérias primas, corpo do rolo, ponteira refrigeradora e ponteira motora. A armazenagem das ponteiras refrigeradora e motora é realizada pelo almoxarifado da empresa, enquanto o corpo do rolo é armazenado no setor de usinagem. Após a separação de matérias primas para o embutimento de 10 unidades, lote médio de operação desta operação, o processo se inicia com o posicionamento dos corpos de rolo na posição vertical e posterior aquecimento de uma das extremidades do corpo do rolo com o auxílio de

um maçarico. Na sequência é inserida a ponteira refrigeradora na extremidade aquecida do rolo. Este processo é repetido para todas as unidades. Com a finalização do embutimento das ponteiras refrigeradoras, o corpo do rolo é girado em 180° e a segunda extremidade é posicionada para aquecimento. Então repete-se o processo para a ponteira motora. Com a conclusão desta etapa, os rolos são posicionados em *pallets* com 10 unidades e encaminhados para a cabine de solda.

Na operação de soldagem, os rolos são posicionados na posição vertical e adiciona-se 14 cordões de solda ao longo do perímetro de união entre as ponteiras e o corpo do rolo. Em sequência os rolos são posicionados novamente em *pallets* e posicionados na área de expedição para o processo de tratamento térmico.

Na etapa de tratamento térmico, realizado por uma empresa terceirizadas, os rolos passam por três processos. Primeiramente é realizado um alívio de tensão. Este processo tem como objetivo reduzir as tensões criadas pelo processo de soldagem na região das ponteiras dos rolos. O próximo processo é a tempera. O aquecimento deste processo é realizado por indução e resfriado em água. A tempera é direcionada apenas ao corpo do rolo, pois apenas nesta região ocorrerá o desgaste superficial pela moagem de café. Após a tempera o rolo passa por revenimento para diminuir a fragilidade do material. O lead time para este conjunto de tratamentos térmicos é de uma semana para um lote de 10 peças.

A próxima operação é a usinagem de acabamento do rolo. Nesta operação é importante notar que há uma diferenciação na usinagem das ponteiras para dois modelos de moinhos de café diferentes. Para os rolos do moinho B existe uma redução de comprimento e um rebaixo no diâmetro da ponteira motora em relação aos rolos do moinho A. Esta diferença ocorre pois o sistema de motorização dos moinhos A e B são diferentes. Os demais aspectos dos rolos para estes dois moinhos são iguais nesta operação. Inicia-se a usinagem de acabamento com o desbaste das ponteiras. Neste processo são corrigidos empenamentos causados pelo tratamento térmico e atinge-se o diâmetro e a concentricidade dentro das tolerâncias definidas no projeto. Após a usinagem das ponteiras, o rolo é posicionado entre centros no torno e usina-se o corpo até o diâmetro definido com atenção as tolerâncias de cilindridade, que se não atingidas comprometem a etapa

de estriamento. Este processo terceirizado possui *lead time* para um lote de dez peças de duas semanas.

No processo de estriamento há a diferenciação de 3 modelos de estriamento. Esta diferenciação ocorre na quantidade e espessura das estrias em um mesmo rolo. Os mesmos 3 modelos de estriamento são utilizados nos rolos dos moinhos A e B. No modelo de estriamento 1, que é posicionado na parte superior do moinho e o primeiro a ter contato com o café, possui o menor número de estrias e com maior espessura. A quantidade de estrias aumenta e sua espessura diminui progressivamente nos modelos de estriamentos 2 e 3. Estes modelos são posicionados abaixo do modelo 1 na montagem do moinho. O processo de estriamento se inicia com a coleta dos rolos em seu espaço de armazenamento. Após o posicionamento do rolo na estriadeira, o equipamento é ajustado para o modelo de rolo que se deseja produzir. Esta etapa ocorre de acordo com a demanda de expedição de um determinado modelo de rolo. Quando um rolo é finalizado, ele é posicionado em uma caixa com proteção para a superfície estriada e disponibilizado na área de expedição para o tratamento superficial.

Na próxima etapa do processo produtivo o rolo é submetido ao processo de tratamento superficial de cromo duro. Este processo tem como objetivo aumentar a dureza superficial do rolo e assim aumentar sua resistência ao desgaste prolongando sua vida útil. Esta operação é realizada por uma empresa parceira, que possui *lead time* para entrega do material de três dias úteis.

No próximo processo, o rolo é submetido a um procedimento de balanceamento. Este processo ocorre em uma empresa parceira que possui um *lead time* de uma semana para devolução dos rolos. Após este processo os itens voltam a empresa para o processo de expedição para o cliente.

Com a sequência de processamento do produto, assim como a descrição de cada etapa, conhecida, parte-se para elaboração do mapa de fluxo do estado atual.

4.1.3 Estado Atual

Desenhou-se o mapa de fluxo de valor do estado atual partindo da expedição do produto, percorrendo o processo produtivo no sentido inverso. O mapa foi desenhado concomitantemente com o acompanhamento do processo produtivo e em cada processo foram cronometrados o tempo de ciclo para a fabricação de um lote, estimado o *lead time* de cada operação, anotados os estoques intermediários e medido a disponibilidade dos equipamentos.

O tempo de ciclo foi cronometrado utilizando um aparelho celular. A cronometragem tinha início após o set up do equipamento e se finalizava com o final da etapa. Em processos que o lote era maior que 1 unidade para o mesmo set up de equipamento, mediu-se o tempo de ciclo do lote em sua totalidade, posteriormente dividindo o tempo total pelo número de peças em um determinado lote.

O *lead time* aproximado de cada operação foi obtido através de entrevistas com os operadores, pois não há registros históricos dentro da empresa do tempo percorrido entre o recebimento da matéria prima por uma operação e a entrega do produto ao processo seguinte. Desta forma não há como obter dados estatisticamente relevantes sobre o *lead time* de cada operação.

Durante o processo de elaboração do mapa de fluxo de valor do estado atual, também foram coletados os dados de estoques intermediários. Estes estoques intermediários não são planejados, e são compostos por produtos *work in progress*. Estes produtos foram representados no mapa de fluxo de valor como o triângulo de estoque.

A disponibilidade de cada processo foi definida em conjunto com o departamento de manutenção e os operadores. Como a empresa não possui uma periodicidade definida para a manutenção preventiva de seus equipamentos, adotou-se para este estudo um intervalo de 3 meses. Com o setor de manutenção, foi obtido o tempo utilizado na última manutenção preventiva de cada equipamento. Para o cálculo da disponibilidade também se levantou com os operadores a periodicidade de troca de insumos, como os botijões de gás na etapa de soldagem, que ocorrem em cada operação assim como o tempo estimado de troca. Para os processos terceirizados, determinou-se a disponibilidade como indefinida.

Para o processo produtivo descrito acima, elaborou-se o mapa de fluxo de valor conforme o apêndice C.

Com a esquematização das etapas de fabricação de rolos de moinho através do mapa de fluxo de valor finalizada, iniciou-se a análise para identificar os desperdícios e ineficiências deste processo produtivo.

O primeiro ponto identificado na análise do MFV, é o acúmulo de produtos *work in progress* entre as operações. Os estoques intermediários são causados devido a maneira como a produção de rolos é planejada.

O planejamento, que tem como objetivo reduzir o tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e a entrega do produto, se inicia com uma estimativa de vendas anual enviada pelo setor comercial ao PCP. O departamento de PCP, gera uma ordem de fabricação para a quantidade total estimada a ser vendida no período de 12 meses e a envia a produção. O produto percorre a produção de acordo com o fluxo empurrado. Porém, como os operadores não possuem dedicação exclusiva a fabricação desta família de produtos, a característica do fluxo empurrado de produzir sem saber a necessidade da operação seguinte causa os estoques intermediários. Esse sintoma é acentuado devido a ordem de fabricação enviada ser de um grande volume. Na tabela 2, está quantificado a quantidade total de matéria prima em estoque e a quantidade de produtos *work in progress*, assim como o seu custo unitário de acordo com o ERP da empresa.

Com os dados apresentados na tabela, podemos concluir que o custo total investido em matérias primas e produtos *work in progress* na fabricação de rolos de moinho A e B no momento da elaboração do mapa de fluxo de valor do estado atual é de R\$ 820.860,22.

Tabela 2 – Custos dos Itens em Estoque

Itens	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
-------	------------	----------------	-------------

Ponteira Motora	50	R\$	648,83	R\$	32.441,50
Ponteira Refrigeradora	52	R\$	514,01	R\$	26.728,52
Tubo de Aço 4140	33	R\$	2.718,82	R\$	88.882,76
Rolos do Moinho A “Work in Progress”	99	R\$	5.608,46	R\$	555.237,54
Rolos do Moinho B “Work in progress”	35	R\$	3.359,14	R\$	117.569,90

Fonte: O autor

Como o objetivo deste método de planejamento de produção é a redução de lead time, conclui-se que ele é ineficiente. O alto valor investido em matérias primas e produtos *work in progress*, não é gera redução de *lead time*.

Na análise do mapa de fluxo de valor, também forma identificados desperdícios, definidos conforme a metodologia *Lean Manufacturing*. Eles são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Desperdícios

Processo	Desperdícios	Análise
Corte	Estoque	O departamento de planejamento de produção gera uma programação anual de produção, e a equipe responsável pelo corte gera um compra da quantidade total de matéria prima para o ano, criando estoque de matéria prima ociosa. Esta programação anual leva ao processamento da matéria prima sem levar em consideração a necessidade do processo seguinte, gerando superprodução. E tempo gasto
	Superprodução	
	Transporte	

		desnecessariamente devido a matéria prima ser armazenada em local de difícil manuseio.
Usinagem de Preparação	Transporte	Tempo de transporte do material ao fornecedor terceirizado não agrega valor ao cliente final.
Embutimento	Espera	Tempo ocioso por falta de funcionário dedicado a exclusivamente ao manejo do equipamento.
Soldagem	Espera	Tempo ocioso por falta de funcionário dedicado a exclusivamente ao manejo do equipamento.
Tratamento Térmico	Transporte	Tempo de transporte do material ao fornecedor terceirizado não agrega valor ao cliente final.
Usinagem de Acabamento	Superprodução	Produção não leva em conta as necessidades do processo seguinte. Tempo de transporte do material ao fornecedor terceirizado não agrega valor ao cliente final.
	Transporte	
Estrias	Espera	Tempo ocioso por falta de funcionário dedicado a exclusivamente ao manejo do equipamento.
Tratamento Superficial	Transporte	Tempo de transporte do material ao fornecedor terceirizado não agrega valor ao cliente final.

Balanceamento	Transporte	Tempo de transporte do material ao fornecedor terceirizado não agrega valor ao cliente final.
---------------	------------	---

Fonte: O Autor

4.1.4 Estado Futuro

De acordo com as características do processo produtivo estudado e levando em consideração a infraestrutura instalada na empresa foi possível desenhar uma proposta de estado futuro. Na elaboração do estado futuro foi priorizado atuar sobre os produtos em *work in progress*, que representam um investimento ineficaz para a redução de *lead time* de produção. E como estratégia para a redução do valor investido neste processo e redução de lead time, propõem-se a adoção de um sistema de produção puxado.

O sistema de produção puxado auxiliará a reduzir a quantidade de produtos em *work in progress* devido a sua característica de produzir material apenas quando há demanda pelos produtos. E para permitir a redução e padronização do *lead time*, em conjunto com o sistema de produção puxada, adota-se a utilização de quadros *kanban*.

Com a adoção do sistema de produção puxada e o a utilização de quadros *kanban* construiu-se o mapa de fluxo de valor do estado futuro. Este mapa pode ser visualizado no apêndice D.

O primeiro quadro *kanban* é destinado para a armazenagem de matérias primas. Com o objetivo de mitigar o impacto dos *lead times* de fornecimento das matérias primas, que são de 90 dias para as ponteiras refrigeradora e motora e 90 dias para o tubo de aço SAE 4140. Inicialmente, para calcular o número de cartões a ser utilizados, define-se o consumo médio por unidade de tempo. Para este cálculo utilizou-se a unidade de tempo dias. A média de fabricação anual dos últimos 3 anos é, aproximadamente, 146 rolos. Ou seja, 0,40 rolos por dia (DD). O *lead time* de

fornecimento das matérias primas é 90 dias (L). A capacidade do contentor será definida como 6 peças para cada uma das matérias primas (C). Esta quantidade foi definida levando em consideração a quantidade de rolos utilizados nos moinhos A e B, que é de 6 unidades. E como percentual de estoque de segurança é utilizado 50% (α). E a equação utilizada para modelos o número de cartões é apresentada abaixo.

$$K_1 = DD \times L \times (1 + \alpha)/C$$

$$K_1 = 0,4 \times 90 \times (1 + 0,5)/6$$

$$K_1 = 9$$

Com estes dados chegamos à conclusão de que 9 cartões *kanbans* é a quantidade adequada para esta aplicação.

O segundo *kanban* de produção tem como objetivo reduzir e padronizar o *lead time* entre colocação do pedido pelo cliente e a expedição do material. O posicionamento deste *kanban* no processo produtivo é após a etapa de usinagem de acabamento. Esta localização foi definida devido a etapa seguinte, estriamento, ser a etapa na qual ocorrem as diferenciações entre os 3 modelos de rolos em cada moinho. E assim permite a empresa mais possibilidades de produção com uma menor quantidade de capital investido. Assim nesta posição o sistema *kanban* receberá dois produtos. Os rolos do moinho A e do moinho B.

Para dimensionar a quantidade de cartões do moinho A, definiu-se o consumo médio anual de 126 rolos para este equipamento. E, conseqüentemente, 0,35 rolos por dia (DD). O *lead time* de fornecimento entre o primeiro e o segundo *kanban* é de 30 dias (L). A capacidade do contentor é de 6 peças (C). E o percentual de estoque de segurança desejado é 50%.

$$K_{2A} = DD \times L \times (1 + \alpha)/C$$

$$K_{2A} = 0,35 \times 30 \times (1 + 0,50)/6$$

$$K_{2A} = 2,625 = 3$$

Para dimensionar a quantidade de cartões do moinho B, definiu-se o consumo médio anual de 20 rolos para este equipamento. E, conseqüentemente, 0,05 rolos por dia (DD). O lead time de fornecimento entre o primeiro e o segundo *kanban* é de 30 dias (L). A capacidade do contentor é de 6 peças (C). E o percentual de estoque de segurança desejado é 100%.

$$K_{2B} = DD \times L \times (1 + \alpha) / C$$

$$K_{2B} = 0,05 \times 30 \times (1 + 1) / 6$$

$$K_{2B} = 0,5 = 1$$

Utilizando o sistema de estoque controlado pelos dois *kanbans* dimensionados acima, pode-se estimar o valor investido em matérias primas e produtos *work in progress*. Esta estimativa é apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Estoque e *work in progress* no estado futuro

Itens	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Ponteira Motora	54	R\$ 648,83	R\$ 27.250,86
Ponteira Refrigeradora	54	R\$ 514,01	R\$ 21.588,42
Tubo de Aço 4140	54	R\$ 2.718,82	R\$ 114.190,44
Rolos do Moinho A “Work in Progress”	24	R\$ 5.608,46	R\$ 100.952,28
Rolos do Moinho B “Work in progress”	6	R\$ 3.359,14	R\$ 20,154.84

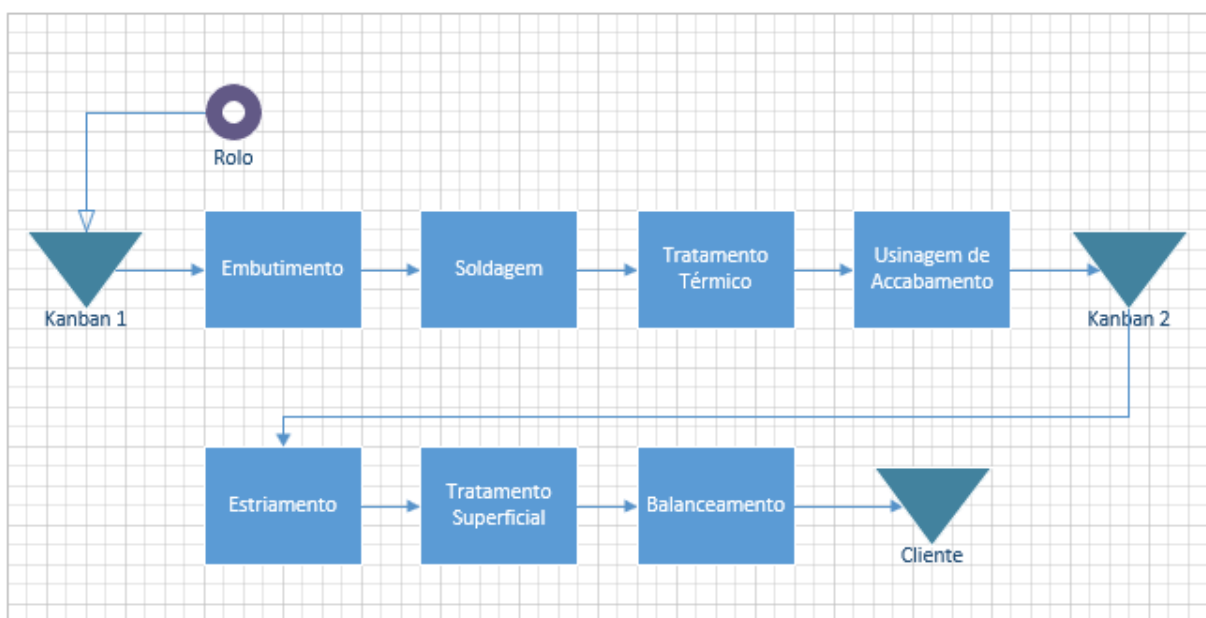
Fonte: O autor

Com as aplicações dos quadros *kanbans* em suas quantidades máximas, podemos observar que o valor total investido em matéria prima e produtos *work in progress* é de R\$ 365.825,52. Este capital investido representa uma redução de 55,4% em comparação com o valor de R\$ 820.860,22 que estava investido durante a elaboração do mapa de fluxo de valor do estado atual.

Para a validação, que a redução de capital investido em estoque permitiria a produção ocorrer sem paradas devido à falta de matérias primas utilizou-se uma simulação no *software Process Simulator*.

Primeiramente foi construído um modelo do processo de fabricação de rolos no *software*, no qual os dados de *lead time* e capacidade de cada processo foram inseridos. Este modelo está demonstrado na figura 8.

Figura 8 – Modelo do processo produtivo para simulação



Fonte: O autor.

Nesta simulação adotou-se como demanda para a produção puxada o volume de 6 unidades a cada 13 dias. Esta demanda foi calculada utilizando a média de utilização de rolos anualmente de 146 unidades e dividida em lotes de 6 unidades devido a cada moinho utilizar 6 rolos.

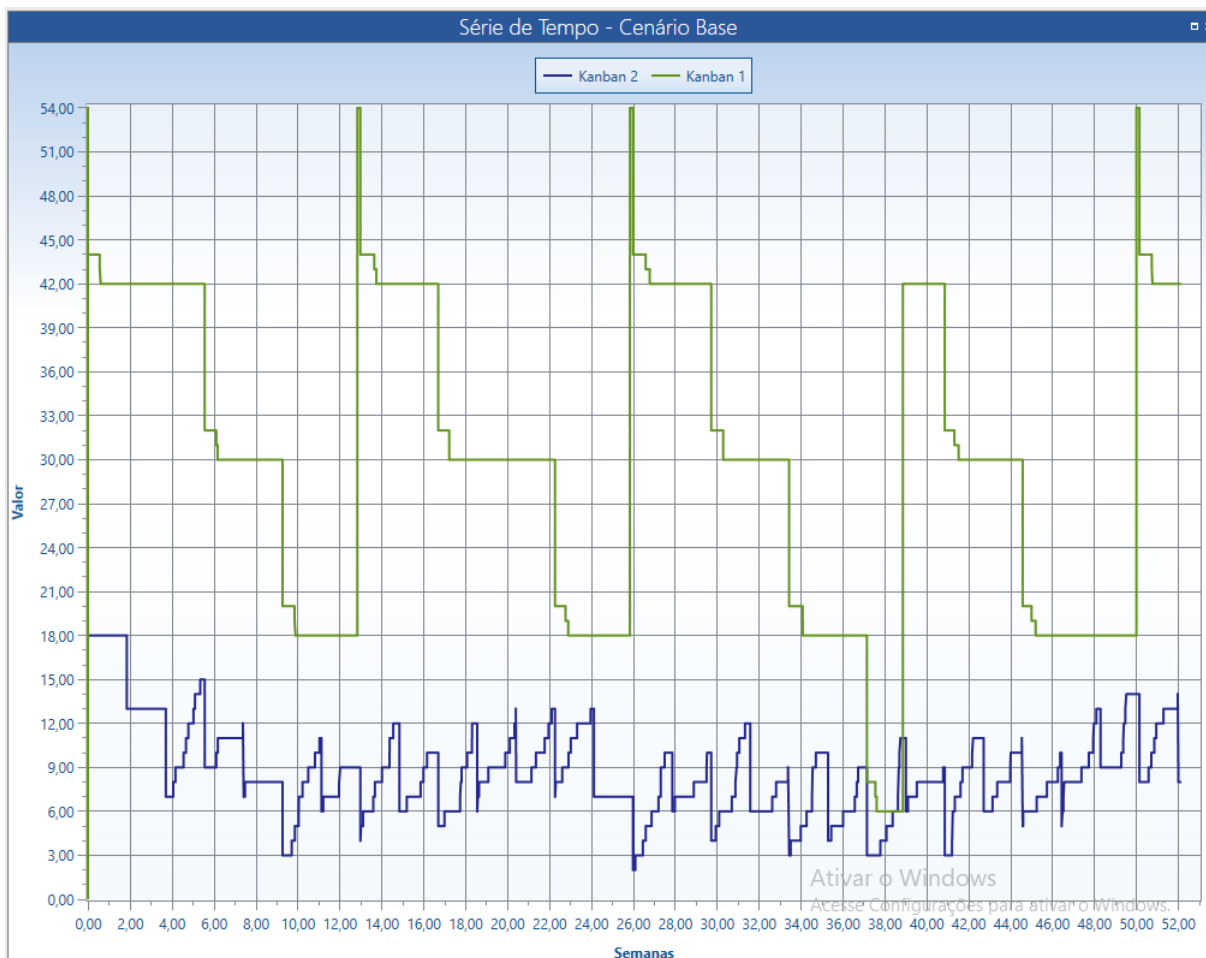
Com a demanda definida, definiu-se os lotes de compras de matérias primas. Considerando que as 3 matérias primas utilizadas na produção de rolos de moinho possuem o mesmo *lead time* para reposição a aquisição delas serão com lotes de mesma quantidade. O tamanho de lote de reposição definido é de 36 unidades.

O *kanban* 1 foi dimensionado de acordo com o cálculo anterior. Foi adotado a quantidade inicial de 54 unidades para cada uma das 3 matérias primas. O gatilho para compra para a reposição é acionado quando o *kanban* 1 atinge 48 unidades em estoque.

Para o *kanban* 2 adotou-se como quantidade inicial 24 unidades de rolos de moinho. O gatilho para iniciar a produção desde o *kanban* 1 até o *kanban* 2 é realizada quando o *kanban* 2 atinge o nível de 18 unidades em estoque. Quando o gatilho é acionado gera um pedido de fabricação de 12 unidades para reposição dos rolos.

Na figura 9, podemos avaliar o comportamento dos *kanbans* 1 e 2 durante a simulação. A simulação foi realizada conforme os parâmetros de demanda e reposição de matéria prima citados acima, e o período da simulação é de 1 ano.

Figura 9 – Simulação de comportamento dos *kanbans* 1 e 2



Fonte: O autor

Com base no comportamento observado na simulação, conclui-se que os *kanbans* se comportaram conforme o desejado. Na simulação, eles possibilitaram a produção sem a ocorrência de falta de matéria prima. Desta é possível considerar que a redução de capital investido em estoque por meio dos quadros *kanbans* é viável.

Para analisar o impacto da adoção da nova metodologia de produção no tempo percorrido entre a implementação do pedido pelo cliente e a expedição do produto, primeiramente é preciso notar que o pedido do cliente será diretamente informado pelo PCP ao processo de estriamento. Este processo terá o estoque disponível no *kanban 2* a sua disposição para a fabricação. Desta forma as únicas etapas de produção que ocorrerão entre a colocação do pedido pelo cliente e a expedição do produto serão o estriamento, o tratamento superficial e o balanceamento. Estas três

etapas possuem o *lead time* de produção respectivamente de 5, 3 e 2 dias. Desta forma é possível atender o cliente com um *lead time* de 10 dias. Isto representa uma redução de aproximadamente 87, 5% no *lead time* de entrega destes produtos.

5 CONCLUSÃO

Com o conceito de melhoria contínua do *Lean Manufacturing*, o esforço para o aprimoramento de processos produtivos nunca se cessa. Este também é o caso para a empresa abordada no estudo de caso apresentado neste trabalho. O mercado da indústria cafeeira possui uma alta competitividade e a eficiência nos processos produtivos pode gerar uma vantagem para a companhia.

Neste trabalho, através dos conhecimentos adquiridos na etapa de pesquisa da bibliografia foi possível apresentar uma proposta para este estudo de caso. Além da revisão de bibliografia, os dados obtidos através da pesquisa documental foram de extrema valia para o resultado obtido.

Na busca por uma proposta de redução do *lead time* e redução do capital financeiro investido no processo produtivo, foi possível elaborar esta proposta através do uso dos conceitos da metodologia *Lean Manufacturing*. A proposta de adoção do sistema de produção puxada com a utilização de dois quadros *kanbans* foi capaz de reduzir o *lead time* de fabricação em 87,5% e reduzir o valor investido em estoque em 55,4%.

Durante a elaboração do mapa de fluxo de valor do estado atual foi possível identificar diversos desperdícios que ocorrem ao longo do processo produtivo de rolos para moinhos. Porém este estudo focou-se em reduzir os estoques de matérias primas e produtos em *work in progress*, para isso se concentrando nos desperdícios de espera, superprodução e estoque. Outros desperdícios também identificados neste trabalho, não tiveram uma proposta de melhoria apresentada. Como sugestão para trabalhos futuros são alterações de *layout* para redução dos desperdícios de transporte e movimentação nas etapas de estriamento, embutimento e corte. Estudo de redução do tempo de espera do produto na etapa de estriamento.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, C. S. B. Implantação da metodologia lean manufacturing no setor produtivo de uma empresa de fabricação de estruturas metálicas em João Monlevade. , p. 56, 2017.
- DIAS, Roberto Sergio. Gestão de Marketing. São Paulo: Saraiva 2004.
- DILL, A. DE O.; PASQUALINI, F. LEAN MANUFACTURING: Um Estudo de Caso na Empresa Kepler Weber Industrial S.A. **Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande**, p. 96, 2017.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999
- Huang, C. C., & Kusiak, A. (1996). Overview of kanban systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 9(3), 169–189.
- LIMA, D. F. S. DE; GUILHERME DE FRANÇA ALCANTARA, P.; COSTA SANTOS, L.; MÁRCIA FREITAS SILVA, L.; MOREIRA DA SILVA, R. Mapeamento Do Fluxo De Valor E Simulação Para Implementação De Práticas Lean Em Uma Empresa Calçadista Value Stream Mapping and Simulation for Implementation of Lean Manufacturing Practices in a Footwear Company. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016.
- LOPES, I. S. M. Dimensionamento e análise do sistema Kanban: Um caso de estudo numa empresa metalomecânica. , 2021.
- MELTON, T. The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 83, n. 6 A, p. 662–673, 2005.
- OHNO, Taiichi. O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- ROYER, R.; PORTO ROSA, A. F.; SAVEDRA, L. A. Mapa de fluxo de valor aplicado em uma microcervejaria. **Revista Gestão Industrial**, v. 14, n. 1, p. 1–18, 2018.
- SABA E SILVA, G.; DE GENARO CHIROLI, D. M. Lean manufacturing: ações de melhorias em empresa metalmeccânica. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 01–13, 2020.
- SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 829–841, 2010.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. The machine that changed the world. New York, NY: Rawson Associates, 1990.
- WOMACK, J.P. JONES, D.T., 1996, Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (Simon & Schuster, New York, USA).

Apêndice A – Roteiro de entrevista com os operadores

- 1) Poderia descrever como você realiza as atividades ligadas a produção de rolos para moinho de café?
- 2) Nesta etapa do processo produtivo, quais são os insumos utilizados?
- 3) Ocorrem paradas do equipamento para a substituição dos insumos? Com qual frequência?
- 4) Qual o tempo entre recebimento do produto e a entrega do material processado a etapa seguinte?

Apêndice B - Roteiro de entrevista com o técnico de manutenção

- 1) Há um plano de manutenção preventiva para os equipamentos envolvidos na produção de rolos de moinho?
- 2) Qual o intervalo de parada para a realização da manutenção preventiva em cada equipamento utilizado na produção de rolos?

Apêndice C – Mapa de fluxo de valor do estado atual

