

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ARTHUR MARQUES PERMIGIANI
ENZO PARASMO BAPTISTA
GABRIEL ROMIO FAMÁ
JULIA PRADO
MARCIO TOLEDO KLOTZ

**MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA EMPRESA FABRICANTE
DE EMBALAGENS INDUSTRIAIS POR MEIO DA ABORDAGEM LEAN
MANUFACTURING**

SÃO BERNARDO DO CAMPO

2021

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ARTHUR MARQUES PERMIGIANI
ENZO PARASMO BAPTISTA
GABRIEL ROMIO FAMÁ
JULIA PRADO
MARCIO TOLEDO KLOTZ

**MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA EMPRESA FABRICANTE
DE EMBALAGENS INDUSTRIAIS POR MEIO DA ABORDAGEM LEAN
MANUFACTURING**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Centro Universitário FEI,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção, orientado pela
professora Dra. Denise Luciana Rieg
Scramin.

SÃO BERNARDO DO CAMPO

2021

Melhoria dos processos produtivos de uma empresa fabricante de embalagens industriais por meio da abordagem Lean Manufacturing / Arthur Marques Permigiani...[et al.]. São Bernardo do Campo, 2021.

93 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário FEI.
Orientadora: Prof.^a Dra. Denise Luciana Rieg Scramin.

1. Lean Manufacturing. 2. Desperdícios. 3. Mapa de Fluxo de Valor. 4. Lead time. 5. Ferramentas. I. Marques Permigiani, Arthur. II. Parasma Baptista, Enzo. III. Romio Famá, Gabriel. IV. Prado, Julia. V. Toledo Klotz, Marcio. VI. Rieg Scramin, Denise Luciana, orient. VII. Título.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ARTHUR MARQUES PERMIGIANI
ENZO PARASMO BAPTISTA
GABRIEL ROMIO FAMÁ
JULIA PRADO
MARCIO TOLEDO KLOTZ

MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA EMPRESA FABRICANTE
DE EMBALAGENS INDUSTRIAIS POR MEIO DA ABORDAGEM LEAN
MANUFACTURING

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Centro Universitário FEI,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção, orientado pela
professora Dra. Denise Luciana Rieg
Scramin.

Comissão julgadora

Dra. Denise Luciana Rieg Scramin

Dra. Gabriela Scur Almudi

Me. Fabio Guedes Correia

SÃO BERNARDO DO CAMPO

06/12/2021

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter dado saúde nessa época tão complicada que estamos vivendo. Agradecemos a Ele também por toda a força e motivação que nos deu.

Agradecemos nossos pais por nos terem proporcionado toda essa experiência de vida, sem eles nada disso seria possível. Somos gratos por todo amor, esforço e por todo amparo que tiveram conosco durante esse ciclo de nossas vidas.

Queríamos agradecer, em especial, a Prof. Dra. Denise Luciana Rieg Scramin por toda orientação, conhecimento e auxílio prestados durante a elaboração desse presente trabalho. Também gostaríamos de agradecer a todo corpo docente do Centro Universitário FEI, que nesses últimos anos foram primordiais para a nossa formação profissional e pessoal.

Agradecemos a empresa Ferpex por nos ter dado a oportunidade de realizar o estudo de caso, depositando toda a confiança ao compartilhar informações relevantes para que pudéssemos desenvolver o trabalho. Dando-nos toda atenção, sempre de portas abertas para sugerirmos melhorias. Em especial, agradecemos aos proprietários da empresa, que nos ajudaram a entender todas as dificuldades e compartilharam os objetivos de longo prazo.

Por fim, queríamos agradecer a todos nossos familiares e amigos que fizeram parte da nossa formação acadêmica, nos dando amor, apoio e compartilhando essa etapa tão importante de nossas vidas.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Com o aumento da competitividade do mercado, as empresas estão constantemente em busca de aumentar seus níveis de eficiência para conseguir conquistar mais *market share* dentro do segmento de atuação. Tal eficiência pode ser obtida por meio da redução de desperdícios, onde surgem as oportunidades de aplicar o conceito, assim como as ferramentas do *Lean Manufacturing* em um ambiente fabril. Dito isso, o presente trabalho é um estudo de caso que apresenta uma análise de dois processos produtivos de uma empresa de embalagens industriais, para que seja desenvolvido um plano de ação com base na literatura do *Lean Manufacturing* com o intuito de reduzir os desperdícios identificados. Para a realização do trabalho foram aplicados alguns conceitos e ferramentas da manufatura enxuta, entre elas a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), sendo possível visualizar todo o processo, permitindo a identificação de desperdícios. Outra ferramenta utilizada foi o diagrama de espaguete, por meio do qual foi possível visualizar toda a movimentação dos produtos e/ou operadores, visando eliminar movimentações desnecessárias. Esse estudo de caso está dividido em três segmentos: análise da situação atual da empresa, identificação de desperdícios, conseqüentemente algumas oportunidades de melhoria, e por fim, a elaboração de um plano de ação visando alcançar essas melhorias. Uma vez realizado o plano de ação foi possível mensurar potenciais ganhos oriundos das sugestões de melhorias propostas, tais como, redução do *lead time*, melhor distribuição dos níveis de estoques intermediários, eliminação de movimentações desnecessárias, redução do tempo de *setup* da serra horizontal, eliminação de atividades que não agregam valor, eliminação da ociosidade, e por conseqüência, a redução dos desperdícios.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Manufatura Enxuta. Mapeamento de Fluxo de Valor. Desperdícios. Diagrama de espaguete. Plano de ação.

ABSTRACT

Companies are constantly seeking to improve their efficiency and enhance performance levels to achieve more market share in a highly competitive market. Efficiency can be gained through the reduction of waste, as well as by the proper use of Lean Manufacturing tools in an industrial environment. Considering the points mentioned above, this work is a case study which presents an analysis based on the Lean Manufacturing literature of two production processes to develop an action plan in order to reduce the identified waste in an industrial packaging company. Lean manufacturing concepts and tools were applied in this project, including the Value Stream Mapping (VSM), which made the entire visualization process possible and also allowed waste identification. The Spaghetti Diagram had also been used to visualize the material and/or manpower flow in the production floor, aiming to eliminate unnecessary waste. The present case study is divided into three topics: analysis of the company's current situation, identification of waste and opportunities for improvement, and finally, the action plan to achieve the improvements was mentioned. Once the action plan was carried out, it was possible to measure potential gains from the proposed improvement suggestions, such as lead time reduction, better distribution of intermediate stock levels, elimination of unnecessary movements, reduction of the setup time of the horizontal saw, elimination of activities that do not add value, elimination of idleness, and consequently, the reduction of waste.

Key words: *Lean Manufacturing*. Value Stream Mapping. Waste. Spaghetti diagram. Action Plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema empurrado versus sistema puxado.....	28
Figura 2 – Ciclo PDCA	32
Figura 3 – Diagrama de Técnicas associadas ao respectivo estágio	36
Figura 4 – 8 pilares da TPM	38
Figura 5 – Caixa Heijunka	39
Figura 6 – Passo a passo KPI	43
Figura 7 – Relação entre <i>Kaizen</i> de fluxo e de processo	44
Figura 8 – Exemplos de símbolos utilizados na elaboração do MFV	48
Figura 9 – Exemplo de um mapeamento de fluxo de valor.....	49
Figura 10 – Exemplo de um diagrama de espaguete	50
Figura 11 – Empresa Ferpex.....	51
Figura 12– Bobina.....	52
Figura 13 – Perfil “baguete” 34X23	53
Figura 14- Placa.....	53
Figura 15 - Tarugo	54
Figura 16 – Tubo.....	54
Figura 17 – Lâmina de PEBD obtida através do pré-corte	56
Figura 18 – Fluxograma do processo de pré-corte	56
Figura 19 – Cavalete contendo 10 eixos para rolos	57
Figura 20 – Fluxograma do processo de picote.....	57
Figura 21 – Layout galpão 2 (G2).....	59
Figura 22 – MFV atual.....	61
Figura 23 – Diagrama para pré-corte	63
Figura 24 – Diagrama para picote	65
Figura 25 – Resumo do desperdício de movimentação.....	67
Figura 26 – Resumo do desperdício de espera.....	69
Figura 27 – Resumo do desperdício de processamento	71
Figura 28 – Resumo do desperdício de estoque	73
Figura 29 – Resumo do desperdício de superprodução	75
Figura 30 – Nivelamento da Produção	76
Figura 31 – Cálculo do <i>takt time</i>	77

Figura 32 – MFV futuro	78
Figura 33 – Ganhos no processo com o MFV futuro	79
Figura 34 – <i>Layout</i> futuro galpão 2 (G2).....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagem de vendas.....	55
Tabela 2 – Métricas do diagrama de espaguete.....	64
Tabela 3 – Métricas do diagrama de espaguete.....	64
Tabela 4 – Métricas do diagrama de espaguete.....	65
Tabela 5 – Variação de movimentação do percurso A	81
Tabela 6 – Variação de movimentação do percurso B	81
Tabela 7 – Variação de movimentação do percurso único	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação dos desperdícios	60
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	VISÃO GERAL DO TEMA	16
1.2	PERGUNTA PROBLEMA.....	16
1.3	OBJETIVO GERAL	17
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5	JUSTIFICATIVA	17
1.6	METODOLOGIA.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	LEAN MANUFACTURING.....	20
2.1.1	Origem.....	20
2.1.2	<i>Definição</i>	<i>21</i>
2.1.3	Os objetivos do <i>Lean</i>	21
2.1.4	<i>Os sete desperdícios.....</i>	<i>23</i>
2.1.4.1	<i>Perdas por estoque.....</i>	<i>23</i>
2.1.4.2	<i>Perdas por produção de produtos defeituosos</i>	<i>23</i>
2.1.4.3	<i>Perdas por superprodução.....</i>	<i>24</i>
2.1.4.4	<i>Perdas por espera</i>	<i>24</i>
2.1.4.5	<i>Perdas por transporte</i>	<i>25</i>
2.1.4.6	<i>Perdas por processo.....</i>	<i>25</i>
2.1.4.7	<i>Perdas por movimentação.....</i>	<i>26</i>
2.1.5	Os princípios do <i>Lean</i>	26
2.1.5.1	<i>Identificação de valor.....</i>	<i>26</i>
2.1.5.2	<i>Fluxo de valor.....</i>	<i>27</i>
2.1.5.3	<i>Fluxo contínuo.....</i>	<i>27</i>
2.1.5.4	<i>Produção puxada</i>	<i>27</i>

2.1.5.5	<i>Busca pela perfeição</i>	28
2.1.6	Métodos e ferramentas do <i>Lean</i>	29
2.1.6.1	<i>Métricas auxiliares ao Lean Manufacturing</i>	29
2.1.6.2	<i>Kanban</i>	30
2.1.6.3	<i>PDCA</i>	31
2.1.6.4	<i>SMED</i>	34
2.1.6.5	<i>TPM</i>	37
2.1.6.6	<i>Heijunka</i>	38
2.1.6.7	<i>Jidoka</i>	39
2.1.6.8	<i>Just in Time</i>	41
2.1.6.9	<i>KPI</i>	41
2.1.6.10	<i>Kaizen</i>	43
2.1.6.11	<i>Metodologia 5S</i>	45
2.1.6.12	<i>Mapa de fluxo de valor (MFV)</i>	46
2.1.6.13	<i>Diagrama de espaguete</i>	49
3	ESTUDO DE CASO	51
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	51
3.1.1	Principais Produtos.....	51
3.1.2	Setor Produtivo.....	55
3.1.2.1	<i>Bobinas pré-cortadas em formatos de lâminas</i>	55
3.1.2.2	<i>Bobinas picotadas</i>	57
3.1.3	Layout do Chão de Fábrica.....	58
3.2	IDENTIFICAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS.....	59
3.2.1	Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual	60
3.2.2	Diagrama de Espaguete	63
3.3	OPORTUNIDADES DE MELHORIAS.....	65
3.3.1	Desperdícios de Movimentação	65

3.3.1.1	<i>Proposta de solução</i>	66
3.3.1.2	<i>Potenciais ganhos</i>	67
3.3.2	Desperdício de espera	67
3.3.2.1	<i>Proposta de solução</i>	68
3.3.2.2	<i>Potenciais ganhos</i>	69
3.3.3	Desperdício de Processamento.....	70
3.3.3.1	<i>Propostas de solução</i>	70
3.3.3.2	<i>Potenciais ganhos</i>	70
3.3.4	Desperdício de Estoque.....	71
3.3.4.1	<i>Propostas de solução</i>	72
3.3.4.2	<i>Potenciais ganhos</i>	72
3.3.5	Desperdício de Superprodução.....	73
3.3.5.1	<i>Propostas de Solução</i>	74
3.3.5.2	<i>Potenciais ganhos</i>	74
3.4	Mapa de Fluxo de Valor Futuro	75
3.5	<i>Layout Futuro</i>	79
4	CONCLUSÃO	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 VISÃO GERAL DO TEMA

Taiichi Onho e Eiji Toyota da *Toyota Motor Corporation* (Japão) foram os pioneiros no conjunto de ideias e métodos que deram origem ao sistema *Lean*. *Lean* significa eliminar os desperdícios e elementos desnecessários, com o intuito de reduzir os custos mediante à produção daquilo que é necessário (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

O diagrama de espaguete e o mapa de fluxo de valor (*VSM - Value Stream Mapping*) são ferramentas do *Lean* voltadas para a identificação de desperdícios. O *VSM*, de acordo com Rother e Shook (1999), ajuda a identificar e entender o fluxo de material e informação de uma família de produtos, assim como, enxergar desperdícios presentes no processo em análise. Por sua vez, o diagrama de espaguete permite mensurar o deslocamento dos funcionários, ou dos produtos em um processo produtivo, e assim identificar possibilidades de melhorias no *layout* e no fluxo dos processos, visando diminuir o tempo de movimentação total (FAVERI, 2013). A partir dos desperdícios identificados por meio dessas ferramentas, utilizam-se outras ferramentas do *Lean* como *5S*, *Kaizen* (melhoria contínua), *Kanban* e *Just in Time* (JIT). Essas, se aplicadas corretamente, são capazes de reduzir ou até mesmo eliminar os desperdícios encontrados.

1.2 PERGUNTA PROBLEMA

O presente trabalho tem como propósito responder a seguinte questão:

- a) Quais desperdícios podem ser detectados nos processos produtivos da Ferpex, por meio das ferramentas do *Lean Manufacturing*?

1.3 OBJETIVO GERAL

O trabalho em questão tem como objetivo principal desenvolver um plano de ação para melhoria dos processos de produção de uma empresa fabricante de embalagens industriais, por meio da abordagem *Lean Manufacturing*.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com base no objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos, sendo eles:

- a. Elaborar o MFV atual do processo produtivo da empresa;
- b. Identificar os desperdícios que ocorrem no processo;
- c. Elaborar o MFV futuro do processo produtivo da empresa;
- d. Identificar quais ferramentas do *Lean* podem ser usadas para resolver esses desperdícios;
- e. Propor um plano de ação para a empresa;
- f. Levantar quais melhorias podem ser obtidas por meio do plano de ação.

1.5 JUSTIFICATIVA

Os mercados atuais estão cada vez mais competitivos e as empresas para se manterem em operação necessitam perseguir maiores níveis de eficiência. Diminuir os erros e falhas nos processos produtivos, melhorar a qualidade de seus produtos e serviços, eliminar desperdícios e reduzir custos é essencial para aumentar a produtividade e a lucratividade. O *Lean Manufacturing*, portanto, vem ao encontro dessas necessidades (DEVERAS, 2019).

A Ferpex, empresa de embalagens industriais, tem sofrido com desperdícios em seu processo produtivo, como por exemplo:

- Desperdício de movimentação: estações de trabalho distantes entre si, assim como, estoques intermediários e de matéria prima dispersos na fábrica;
- Desperdício de superprodução: para a empresa este desperdício ocorre pela antecipação da produção sem demanda definida previamente.

A partir desses desperdícios até então identificados, as possíveis consequências são o aumento do *lead time*, redução do índice de produtividade, consequentemente, um aumento dos custos de produção.

Portanto, o estudo de caso visa utilizar as ferramentas oriundas do *Lean Manufacturing* necessárias para reduzir ou eliminar os desperdícios, otimizando recursos e aumentando a eficiência da empresa.

1.6 METODOLOGIA

A pesquisa científica pode ser classificada quanto à (ao) (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2010):

- a) Finalidade: pesquisa básica e pesquisa aplicada;
- b) Contexto da pesquisa: bibliográfico, de laboratório ou de campo;
- c) Natureza da pesquisa: pesquisa quantitativa, pesquisa qualitativa e pesquisa mista ou combinada;
- d) Objetivo: pesquisa exploratória, pesquisa explicativa e pesquisa descritiva;
- e) Temporalidade: longitudinal, transversal e *ex-post facto*;
- f) Método de pesquisa: estudo de caso, *survey*, pesquisa-ação e pesquisa experimental;
- g) Procedimento técnico: entrevista, questionário, análise documental, pesquisa bibliográfica, levantamento de dados experimentais e observação *in loco*.

A presente pesquisa é de finalidade aplicada e de contexto de campo, pois visa gerar conhecimento associado à aplicação prática de ferramentas do *Lean Manufacturing* em uma situação real.

Quanto à sua natureza, é uma pesquisa qualitativa uma vez que busca compreender o fenômeno sendo estudado por meio de coleta de uma variedade de informações e dados empíricos que descrevem a situação sob análise sem o propósito de codificá-los numericamente.

Quanto ao objetivo, essa pesquisa é classificada como descritiva, visto que o propósito é descrever as características do processo produtivo da empresa pesquisada, identificar seus desperdícios e propor um plano de ação para mitigá-los.

A temporalidade da pesquisa é classificada como transversal, uma vez que as informações foram coletadas em um único momento.

O método de pesquisa escolhido foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2005, p. 32), o estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Os procedimentos técnicos utilizados para a condução desses métodos foram a observação *in loco*, entrevistas e análise de documentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING

2.1.1 Origem

No início dos anos 90, foi citado no livro “A máquina que mudou o mundo” (WOMACK; JONES; ROOS, 1990), o termo Manufatura Enxuta pela primeira vez.

Décadas antes, em 1950, a crise pós segunda guerra que devastou o Japão trouxe severas consequências para a empresa *Toyota Motor Company* (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Segundo Dennis (2008, p. 25), a Toyota enfrentava naquela época grandes desafios:

- O mercado interno era pequeno e demandava uma grande variedade de veículos - caminhões grandes para carregar produtos para o mercado, caminhões pequenos para agricultores, carros de luxo para a elite e carros pequenos adequados para as estradas estreitas e altos preços do combustível do Japão;
- A economia japonesa, devastada pela guerra, estava carente de capital. Portanto, um grande investimento nas últimas tecnologias ocidentais era impossível;
- O mundo externo já possuía dezenas de fábricas de automóveis já estabelecidas, ansiosas para se fixar no Japão e defender seus mercados contra exportações japonesas.

Neste contexto, um jovem engenheiro chamado Eiji Toyoda, membro da família fundadora da Toyota, realizou uma visita na fábrica Rouge da Ford, localizada em Detroit. Após sua visita, Eiji pensou que seria necessário apenas melhorar o sistema de produção da sua empresa, porém ele e Taiichi Ohno, diretor da Toyota, chegaram à conclusão que a produção em massa jamais funcionaria no Japão (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Desse início empírico criou-se um modelo gerencial chamado de Sistema Toyota de Produção - SPT estruturado pelo próprio Taiichi Ohno e que foi copiado por outras empresas japonesas, constituindo a base para o que mais tarde seria denominado de *Lean Manufacturing* por Womack, Jones e Roos (1990).

2.1.2 Definição

Enxugar significa eliminar os desperdícios e elementos desnecessários, com o intuito de reduzir custos mediante à produção daquilo que é necessário, quando necessário e na quantidade pré-estabelecida (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Womack, Jones e Roos (2004, p. 3) colocam que:

A produção enxuta (essa expressão foi definida pelo pesquisador do IMVP John Krafcik) é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação à produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.

De acordo com Antunes (2008), o STP (base da Produção Enxuta) é uma das perspectivas mais vigentes da Engenharia de Produção, difundida mundialmente no contexto industrial, que propõe melhorias nos processos mediante à eliminação das perdas. Uma das maneiras de descrever o STP é compará-lo com outros dois métodos de produção contemplados pelo homem: o sistema de produção artesanal e o sistema de produção em massa.

O produtor artesanal conta com mão de obra altamente qualificada, que trabalha de acordo com os desejos do cliente, produzindo um item por meio do uso de ferramentas manuais. A produção artesanal é adequada quando o custo, ou o *lead time*, não é um fator relevante. Em contrapartida, ao considerar esses fatores foi desenvolvida a produção em massa. Esta conta com mão de obra especializada, todavia não qualificada, com o intuito de produzir em grande escala, produtos padronizados com valores mais acessíveis. Portanto, a produção enxuta é uma combinação que une as vantagens das produções artesanal e em massa, explorando a redução dos custos dessa primeira e a flexibilização desta última (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

2.1.3 Os objetivos do *Lean*

De acordo com Ohno (1997), o STP tinha como objetivo produzir uma maior variedade de modelos, porém em quantidades menores, aumentando a eficiência da produção através da eliminação consistente e completa dos desperdícios.

De acordo com Riani (2006), os objetivos fundamentais do *Lean Manufacturing* são:

- Otimização e a Integração: para alcançar a otimização do sistema de produção como um todo, é imprescindível a integração de todas as partes do sistema de manufatura; deve haver, também, a eliminação de toda e qualquer atividade não geradora de valor para o sistema de produção; na generalidade, a otimização e integração busca a eliminação ou redução de etapas estancadas no processo produtivo;
- Qualidade: em um cenário competitivo, a busca constante pela geração de produtos com cada vez mais qualidade é sempre exigida para o funcionamento do sistema de produção puxado, no qual cada processo deve passar produtos com qualidade para a próxima etapa; para a implementação de uma Manufatura Enxuta, treinamento e educação das pessoas envolvidas são de suma importância;
- Flexibilidade do processo: é a capacidade de obter materiais, e, preparar um processo em um curto espaço de tempo, visando a minimização dos custos, ou seja, a capacidade de um determinado processo suportar variações na demanda;
- Produção de acordo com a demanda: a demanda é o que rege o sistema de produção; desta forma, é necessário sempre analisar o que os clientes querem e quanto eles querem, afinal não faz sentido produzir a menos ou a mais do que é necessário e, também, produzir aquilo que não é consumido pelos clientes;
- Manter o compromisso com clientes e fornecedores é um processo que compreende determinar as etapas fundamentais para cumprir com os planos de entrega, graus de qualidade e margens de lucro; é imprescindível que alta administração transpareça aos *stakeholders* a pretensão de permanecer competitiva no mercado;
- Redução do custo de produção: a implementação da Manufatura Enxuta conseqüentemente visa a redução contínua dos custos dos processos produtivos mediante à eliminação dos desperdícios.

Portanto, a manufatura enxuta tem como propósitos principais o defeito zero, custos declinantes e a redução do *lead time* (tempo decorrido total para conduzir todo o ciclo de produção, desde o pedido do cliente até a entrega do produto), sendo necessária a eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício existente, por meio da otimização da capacidade produtiva e efetividade dos processos já existentes.

2.1.4 Os sete desperdícios

Desperdícios, ou perdas, são atividades que geram custo e não adicionam valor ao produto, portanto, devem ser eliminadas do sistema (ANTUNES, 2008).

De acordo com Liker e Hill (2004), o *Lean Manufacturing* é um sistema de gestão focado na redução de sete tipos de desperdícios. São eles: superprodução, espera, transporte, processo, estoque, movimento e defeitos. A redução destes desperdícios tem como ponto focal eliminar atividades que não agregam valor. O *Lean Manufacturing*, portanto, visa aumentar a eficiência dos processos produtivos pela eliminação contínua desses desperdícios.

2.1.4.1 Perdas por estoque

As perdas por estoque podem acontecer por meio de três meios: produto acabado, material em processo de fabricação ou elevados estoques de matéria-prima. Essas perdas podem gerar custos indesejados pelo próprio descarte de material oneroso e, também, desperdício de espaço físico do chão de fábrica ou armazéns que, indiretamente, são onerosos também (ANTUNES, 2008).

Uma política de melhorias contínuas possivelmente implementada deverá reduzir as perdas por estoque. Essa política deverá suprir insuficiências como: disparidade da curva de oferta versus demanda, sincronismo da produção, produção de lotes cada vez menores e produção em fluxo unitário (ANTUNES, 2008).

2.1.4.2 Perdas por produção de produtos defeituosos

Antunes (2008), diz que as perdas por fabricação de produtos defeituosos advêm da manufatura de peças, subcomponentes e produtos acabados que não

satisfazem às especificações de qualidade pretendidas no projeto, ou seja, não atendem aos requisitos mínimos de qualidade.

Para Corrêa e Giansesi (1993), este tipo de perda gera os maiores desperdícios no processo produtivos, e está diretamente relacionado a problemas de qualidade. A produção de produtos defeituosos acarreta desperdício de matéria prima, disponibilidade de mão de obra e maquinários, além de movimentação e armazenagem de materiais defeituosos.

2.1.4.3 Perdas por superprodução

De acordo com Liker e Hill (2004) e Shingo (1996), a superprodução é uma das piores e mais temidas perdas na manufatura, já que são produzidos itens muito além da demanda de pedidos.

A superprodução gera resíduos como: excesso de mão de obra, altos níveis de estoque, necessidade de maior capacidade produtiva e produção antecipada e/ou atrasada de acordo com os diferentes estágios da manufatura. Todas estas assimetrias da produção com mão de obra, maquinários, armazenamento, locação de espaço, transporte, entres outros fatores, geram um aumento considerável dos custos e recursos despendidos.

2.1.4.4 Perdas por espera

De acordo com Fernandes e Godinho Filho (2007), o tempo de espera de um processo pode ser medido por meio da eficiência da máquina e da mão de obra utilizada. Pode ser definido também como o tempo gasto para fabricar estoque desnecessário no momento.

Conforme Shingo (1996), existem dois tipos de perdas por espera, sendo elas: espera por lote ou espera por processo. A espera por processo é o tempo que um lote de itens ainda não processados, aguarda enquanto o item que o antecede está sendo processado, inspecionado ou transportado. Por outro lado, a espera por lote é o tempo de espera dos itens já processados de um lote, até que todos os itens deste tenham sido processados, e então, prossigam para a operação seguinte.

2.1.4.5 Perdas por transporte

Segundo Liker e Hill (2004), perdas por transporte são definidas quando ocorre manufatura de trabalho em processo (*Work in Progress*) por longas distâncias, criação ineficiente de transportes ou materiais móveis.

Para Shingo (1996), as perdas por transporte estão relacionadas diretamente a qualquer atividade de movimentação de materiais que geram custos e não agregam valor ao produto. Ou seja, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, e o primeiro passo é a elaboração de um *layout* adequado a sua estratégia de produção, aproximando os estágios do processo para tentar dispensar ou eliminar as movimentações. Posteriormente, devem ser feitas melhorias nas operações de transporte.

2.1.4.6 Perdas por processo

Perdas por processamento, por sua vez, consiste no uso inadequado de máquinas ou equipamentos no que tange à capacidade ou capacidade no desempenho de uma atividade. Contudo, deve-se aplicar metodologias e ferramentas de engenharia para que atenuem os desperdícios gerados por tal insuficiência.

Segundo Corrêa e Giansesi (1993), questionamentos sobre o processo produtivo como, por exemplo: porque determinado componente deve ser feito; qual sua função no produto e porque é necessária esta etapa, devem reduzir ou eliminar as perdas atreladas às atividades. Segundo ele, os gerentes devem aplicar essa atividade sempre que possível e o mais rápido e, além disso, essa prática está ligada diretamente com a metodologia chamada de análise de valor.

Antunes (2008), fortalece a ideia de que para detectar esta perda, é necessário sempre fazer duas perguntas essenciais e que podem ser respondidas por meio das lógicas das técnicas de análise:

- a. Por que este tipo de produto deve ser produzido?
- b. Por que este método deve ser utilizado neste tipo de processamento?

2.1.4.7 Perdas por movimentação

As perdas por movimentação consistem na movimentação desnecessária dos colaboradores no chão de fábrica. Essas perdas são resultado da discrepância entre o trabalho e o movimento.

Corrêa e Giansesi (1993), caracterizam o desperdício por movimentação desnecessária como presente nos mais diferentes processos que realizam em um chão de fábrica. Ademais, a redução nos movimentos eleva a eficiência produtiva e diminui o *lead time* do processo. Usualmente, essa perda é consequência da orientação errônea na execução, distribuição inadequada de tarefas e ausência de mapeamento dos critérios no que tange ao tempo para execução de cada atividade.

O estudo de tempos e métodos aplicado no chão de fábrica atenua as perdas por movimentação, no qual é exigido o planejamento de um roteiro concordante e lógico de trabalho, estabelecendo o prazo para a realização de cada etapa e eliminando trajetos desnecessários dos colaboradores durante o processo produtivo.

2.1.5 Os princípios do *Lean*

Womack e Jones (1998), definiram cinco princípios essenciais do pensamento enxuto na produção visando a eliminação de perdas. São estes: identificação do valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e busca pela perfeição. Esses princípios são diretrizes para aquelas empresas que desejam aderir a filosofia do *Lean Manufacturing*.

Contudo, para destrinchar os cinco princípios, antes é necessário ressaltar o significado de “Valor Agregado”. O valor real de um produto, processo ou sistema é o nível de aceitação do produto pelo cliente final. Quanto maior o valor real de um produto, mais se destacará em detrimento à concorrência. Ou seja, para suprir as exigências do cliente final, somente as atividades que visam atender às perspectivas do cliente são aquelas que agregam valor.

2.1.5.1 Identificação de valor

Segundo Womack e Jones (1998), o ponto de partida para o pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente em termos de produto, e/ou

serviço, específico que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. Para a empresa cabe atender essa necessidade, com a máxima qualidade, no prazo certo e o menor custo possível (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2014).

2.1.5.2 Fluxo de valor

Identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo é tarefa fundamental para enxergar os desperdícios em cada processo e implementar ações para eliminá-los, criando dessa forma um novo fluxo otimizado (ROTHER; SHOOK, 1999).

Todo produto ou serviço possui uma cadeia de valor e, segundo Hines e Taylor (2000), sua análise deve mostrar três tipos de ações existentes: atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor, mas são necessárias, e as atividades desnecessárias que não agregam valor e que devem ser evitadas imediatamente. Na seção 2.1.6.12, será apresentado como se desenvolvem mapas de fluxo de valor.

2.1.5.3 Fluxo contínuo

Segundo Womack e Jones (1998) o objetivo de um fluxo de valor é eliminar todas as paralisações que ocorrem durante o processo produtivo, acarretando um fluxo contínuo.

A normalização da produção, da sincronização e do fluxo de peças unitárias visando acabar com as esperas intermediárias do processo, representam um ótimo avanço. Desse modo, o princípio relata a importância do fluxo contínuo, onde as etapas de produção estão organizadas em uma determinada sequência, permitindo que o produto passe para as etapas subsequentes sem estoques intermediários ou itens inacabados (SHINGO, 1996).

2.1.5.4 Produção puxada

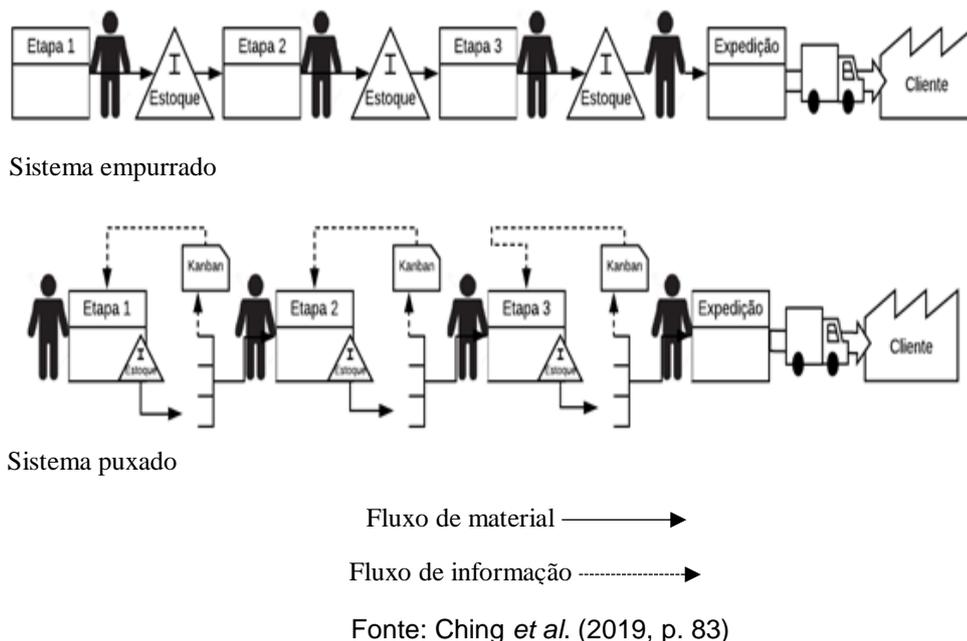
Com a aplicação do sistema enxuto o processo anterior não deve ser iniciado sem que primeiro o cliente (processo posterior) solicite essa produção. Assim, o cliente

puxa o produto quando necessário, em vez de se empurrar os produtos, muitas vezes indesejados pelo cliente (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Womack e Jones (1998), também ressaltaram em “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”, a ideia de não fabricar nenhum produto, a menos que seja necessário, e fabricar de imediato quando necessário.

Portanto, o conceito de produção puxada consiste em produzir apenas aquilo que é necessário, quando necessário. Visando evitar a acumulação de estoques de produtos não solicitados pelo cliente, mediante à produção e fornecimento apenas daquilo que o cliente deseja quando for solicitado por ele. Ou seja, o cliente inicia o processo produtivo quando o produto é solicitado, dessa forma eliminam-se estoques, ocasionando ganhos em produtividade e agregando valor ao produto. A Figura 1 apresenta uma comparação entre os processos empurrados e puxados.

Figura 1 - Sistema empurrado versus sistema puxado



2.1.5.5 Busca pela perfeição

Para Shingo (1996), a busca pela perfeição pode percorrer dois caminhos diferentes. O incremental, fundamentado na ideia da melhoria contínua do *kaizen*. Ou o caminho radical, mediante ao *kaikaku* (mudança radical) total do fluxo de valor, envolvendo do início ao fim, todas as etapas e organizações do fluxo de valor.

A partir do momento em que o valor é identificado com precisão, e os passos para a produção começam a fluir continuamente, é possível que o cliente puxe o valor e, conseqüentemente, os outros quatro princípios começam a interagir entre si e criam um círculo poderoso (RIANI, 2006).

Com o fluxo de valor fluindo mais rápido, os desperdícios ocultos ficam mais expostos e prontos para serem trabalhados até serem eliminados. Essa prática é a busca pela perfeição. Embora muitas vezes pareça utópica, a busca incansável após a aplicação desses princípios, deve ser contemplada pelas organizações com o intuito de tornar-se uma cultura, possibilitando que o conceito de perfeição atinja o ponto focal, a eliminação contínua dos desperdícios (RIANI, 2006).

2.1.6 Métodos e ferramentas do *Lean*

Segundo Liker (2005), a transformação de uma instalação convencional em uma linha de produção enxuta é uma mudança organizacional complexa, que exige a cooperação de todas as partes, e, ocorre gradualmente. Dado um contexto produtivo, para que a empresa possa alcançar a metodologia *Lean*, todos os colaboradores devem aplicar concomitantemente um leque de técnicas e ferramentas. Todavia, uma mera aplicação não é o suficiente, inicialmente é primordial compreender os seus conceitos. A justificativa dada pelo autor é clara, utilizar-se apenas das técnicas e ferramentas com o intuito de melhorar a eficiência dos processos produtivos torna o recurso humano ineficiente, pois ao longo do tempo a ideologia se esvai diante da falta de envolvimento das pessoas.

Liker (2005, p.53) ainda relata sobre o Sistema Toyota de Produção, base da produção enxuta:

O STP não é um kit de ferramentas. Não é apenas um conjunto de ferramentas enxutas como o Just in time, células, 5S, kanban etc. É um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para o todo. O todo, em sua base, concentra-se em apoiar e estimular as pessoas para que continuamente melhorem os processos com que trabalham.

2.1.6.1 Métricas auxiliares ao *Lean Manufacturing*

Para melhor entendimento das ferramentas do *Lean Manufacturing* é de suma importância entender algumas das métricas utilizadas uma vez que estas métricas são

usadas para balizar características dos processos produtivos de uma empresa. Alguns exemplos são:

- a) Tempo de Ciclo (TC): segundo Rother e Shook (1999), o tempo de ciclo especifica com que frequência um produto é finalizado dentro de um processo, ou seja, o tempo total a partir da movimentação da matéria-prima, até a saída do item da linha produção;
- b) Tempo de Agregação de Valor (VA): essa métrica contabiliza apenas o tempo dos centros de trabalho que agregam valor, ou seja, os postos que efetivamente transformam o produto; excluindo o tempo de todos os demais processos que não agregam valor ao produto;
- c) *Lead Time* (LT): é o tempo de atravessamento de um item (produto/ componente) ao longo de todo um processo, desde o começo até o fim (ROTHER; SHOOK 1999);
- d) Tempo de trabalho disponível: essa métrica indica o tempo efetivo de um colaborador, levando em consideração o tempo total disponível em um turno de trabalho, multiplicado a uma taxa efetiva que exclui os tempos em que o operador não está trabalhando;
- e) Tempo de *setup* (Tempo de troca): esse tempo é uma das métricas mais importantes, pois ainda que seja necessária, é uma grande fonte de desperdícios que deve ser explorada; o tempo de *setup* é compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo, até a primeira unidade com qualidade do ciclo seguinte.

2.1.6.2 Kanban

De acordo com Lage Junior e Godinho Filho (2008), o Sistema Toyota de Produção (STP) tem um subsistema chamado de *kanban* utilizado para controlar o WIP (estoque em processo), a produção e o fornecimento de componentes ou da própria matéria-prima. Esse subsistema é definido como um SCO (Sistema de Coordenação de Ordens) de produção e compra que monitora a produção necessária, na quantidade necessária e no momento correto (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2007).

Pode ser definido como uma forma de determinar o trabalho, definindo o que, quanto, quando, como produzir, como transportar e como entregar. O cartão *kanban* atua como propulsor da produção, planejando a produção dos itens em função da demanda e ainda monitorando visualmente a produção para programar a mesma de acordo com o sistema puxado (RIANI, 2006).

Sua principal função é controlar os níveis de estoque em processo, para conseguir os manter o mais baixo possível sem atrapalhar a produção. Quando o estoque intermediário de duas estações está baixo, o cartão *kanban* permite que a estação anterior inicie a produção até regularizar esse estoque (SERENO et al., 2011).

De acordo com Moura (1999), esse sistema se baseia no uso de dois cartões:

- Cartão de movimentação: responsável pela movimentação de peças das estações de alimentação até o lugar onde as mesmas serão utilizadas; esse cartão é usado somente entre dois centros de produção;
- Cartão de produção: responsável pela fabricação de peças para repor as que foram utilizadas nas estações de trabalho seguinte; esse somente é usado na estação de trabalho que produz a peça.

A principal vantagem do sistema *Kanban* em um processo de fabricação é que o colaborador não tem de pensar em qual é o programa de produção. O mesmo só precisa ficar atento a sequência de cartões (MOURA, 1999). No entanto, o *Kanban* tem suas desvantagens, sendo a principal delas a lentidão para responder às mudanças da demanda (SERENO et al., 2011).

2.1.6.3 PDCA

O Ciclo PDCA, (*Plan; Do; Check; Action*) é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que tem como seu principal objetivo a melhoria contínua e o foco no planejamento estratégico. Atualmente, a utilização desta ferramenta de forma eficiente e dinâmica vem gerando ao ambiente organizacional um caminho para melhorar os resultados e alavancar o desempenho das empresas (ARAÚJO, 2017).

Quinquilo (2002) define o ciclo PDCA, também conhecido como o Ciclo de Qualidade, como uma metodologia que auxilia na identificação e solução dos

problemas nas organizações. Já para Arruda (1997) e Miyake (2006), o Ciclo PDCA é uma filosofia em que suas ideias são aplicáveis em todas as organizações de qualquer dimensão, podendo ser empresas de produtos, serviços ou até mesmo em departamentos ou unidades de uma organização.

Segundo Arruda (1997), o PDCA, ao ser implementado constantemente em um processo de trabalho, possibilita altos níveis de melhorias contínuas e de desempenho. De acordo com Shiba, Graham e Walden (1997), o PDCA é representado por um ciclo eficiente na resolução de problemas, que consiste em melhorias por etapas e repetição do ciclo várias vezes. Portanto, quando repetido várias vezes, traz vantagens competitivas ao negócio, fazendo com que a qualidade e a excelência sejam pontos estratégicos dentro dessa organização.

Para sua implementação, é necessário um estudo de todas as suas 4 etapas. Os processos do ciclo PDCA, baseados em uma abordagem científica, dividem-se em: a) identificação de causa, b) planejamento e c) padronização da solução (SHIBA; GRAHAM; WALDEN,1997).

Para um melhor entendimento, segue abaixo uma ilustração referente ao Ciclo PDCA.

Figura 2 – Ciclo PDCA



Fonte: Bezerra (2014, p. 1).

Para a execução completa do ciclo PDCA, as seguintes fases são necessárias:

1º Etapa - *Plan* (Planejar): de acordo com Araújo (2017), a etapa de planejamento, por ser o início do ciclo PDCA, é considerada a mais importante, pois

nela são estabelecidos os objetivos e os processos indispensáveis para fornecer ao cliente os resultados esperados. Portanto, um bom planejamento, além de evitar custos e gastos com retrabalho também fornecerá todas as informações e dados necessários para a realização completa do procedimento.

A etapa do planejamento é sempre a mais complicada e a que exige mais esforços, pois quanto maior for o número de informações utilizadas, mais complexo será o procedimento e a necessidade do emprego de ferramentas.

Para Araújo (2017), determinadas ferramentas como Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto, *Brainstorming* e 5W2H são fundamentais nesta etapa, oferecendo grande suporte nas tomadas de decisões. Além disso, pode-se dizer que o fluxo do planejamento ocorre da seguinte forma: localizar o problema → estabelecer a meta → analisar o fenômeno → analisar o processo → elaborar plano de ação.

2° Etapa - *Do* (Executar): esta etapa caracterizasse pela execução do planejamento. Ou seja, consiste no treinamento dos envolvidos para executar aquilo que foi planejado, e, para a coleta de dados para futuras análises (ARRUDA, 1997). Segundo Araújo (2017), nesta etapa encontram-se todos os objetivos e metas a serem alcançados. Tais metas devem ser traçadas em um plano de ação que deve ser muito bem estruturado, e que deverá ser seguido à risca pela organização.

Este plano de ação deve ser dividido em 2 nichos: treinamento e execução. No treinamento, os funcionários envolvidos devem ter conhecimento do plano de ação, ou seja, a comunicação é fundamental nesta etapa, para divulgar as tarefas a serem realizadas e as razões para tal projeto. Também vale ressaltar que a boa comunicação gera engajamento, fator essencial para a realização do projeto. Por fim, durante a execução do projeto é essencial que haja a medição dos fatores estudados para futuro controle.

3° Etapa - *Check* (Verificar ou checar): nesse módulo do Ciclo PDCA, realizam-se as análises e a verificação dos dados coletados anteriormente e se detectam as possíveis falhas e erros. Além, é claro, dos imprevistos que ocorrem durante a etapa de execução. Esta etapa pode ser dividida em 3 fases: comparação; verificação e classificação.

Na primeira fase, comparação, a organização deve comparar os dados coletados na fase anterior com os dados obtidos após a implementação das ações planejadas na primeira etapa.

Na segunda fase, verificação, analisa-se se após a implementação das ações houve mudanças positivas ou negativas.

Por fim, na última fase, classificação, classificam-se as mudanças como positivas, negativas secundárias ou falha. Ou seja, se após as alterações for classificado como negativa secundária, o processo deverá passar por mais uma bateria de implementação das ações e ser classificado de novo. Caso os efeitos negativos continuem a ocorrer mesmo depois do implemento das ações planejadas, a classificação apresentada se configurará como falha. Dessa maneira, para que as causas desses problemas possam ser solucionadas, deve-se reiniciar o Ciclo PDCA. Caso contrário, se os efeitos forem positivos, tendo o êxito das ações tomadas, a empresa poderá passar para a próxima fase, *Act* (Agir).

4º Etapa - *Act* (Agir): essa é a última etapa do ciclo e, após sua conclusão, o PDCA inicia um novo ciclo. Nesta fase são aprimoradas as correções e definidos os planos de ação para melhora da qualidade, eficiência e eficácia (ARRUDA, 1997).

Esta última etapa do ciclo PDCA, segundo Araújo (2017), tem como princípio a padronização, que incide em preparar um novo padrão, ou modificar o já existente de acordo com as ações efetuadas, visando sempre a melhoria contínua. Após a criação dos novos padrões, eles devem ser divulgados em toda organização, mas principalmente, comunicados aos envolvidos e áreas afetadas, a fim de evitar confusões e ou falta de engajamento por parte dos funcionários. Já comunicados, deve-se estabelecer a data de início da capacitação das equipes e o local da nova sistemática, aplicando os novos procedimentos de forma sincronizada em toda a organização. Após capacitação e aplicação dos novos padrões, a organização deve acompanhar e controlar o *kick-off* (início) do projeto, desta forma, quando toda equipe estiver executando o procedimento de forma correta, pode-se fazer o *roll-out* (expansão) para as demais áreas da empresa, caso seja necessário.

2.1.6.4 SMED

Criada por Shigeo Shingo, e publicada em 1985 no Ocidente, a ferramenta do sistema de gestão TPM (*Total Productive Maintenance*) ou "Manutenção Produtiva Total", conhecida também como SMED (*Single Minute Exchange of Die*) "troca de ferramental em apenas um dígito de minuto" é referência principal quando se trata de redução dos tempos de *setup* das máquinas (SHINGO, 1985).

Conforme JIPM (1999), acredita-se que existam 6 grandes perdas sem agregação de valor em processos produtivos que a metodologia SMED consegue sancionar, sendo elas:

- Quebras devido a falhas do equipamento;
- *Setup* e ajustes de linha;
- Pequenas paradas e operação em vazio;
- Redução ou aceleração da velocidade de operação;
- Defeitos de qualidade e retrabalhos;
- Perdas de rendimento.

Essa metodologia auxilia fábricas de qualquer ramo que tenham em seus processos de produção lotes diferentes a obterem alta flexibilidade com a redução em seus tempos de troca de ferramental, denominado *Setup*. Desta forma, a indústria torna-se apta a corresponder às variações de demandas e pedidos de seus clientes por lotes cada vez menores. Além disso, vale enfatizar que com a implantação dos passos desta metodologia, é possível minimizar perdas que impactam diretamente nos KPI (*Key Process Indicators*), "indicadores chaves de processo". O SMED enfatiza a separação e a transferência de elementos do *setup* interno para o *setup* externo.

O *setup* nada mais é do que a sequência de atividades necessárias para preparação de um equipamento ou posto de trabalho para iniciar a atividade seguinte. Segundo Consulenza (1999), o tempo de *setup* é o intervalo de tempo que ocorre entre a última produção de boa qualidade (peça, embalagem etc.) do lote anterior e a primeira produção de boa qualidade do lote seguinte, ou seja, é o período em que a linha produtiva fica parada enquanto o próximo equipamento é preparado.

Fazendo uma relação entre manufatura e automobilismo, um exemplo clássico de *setup* é o *Pit-Stop* da Fórmula 1, onde a equipe aguarda a parada do piloto para fazer as manutenções ou trocas necessárias no veículo. O *Pit-stop*, representa perfeitamente o SMED e seu avanço. No ano de 1950, o tempo de *setup* (*pit-stop*) durava em torno de 67 segundos e de acordo com o Globo Esporte em 2019 a Red Bull abaixou esse tempo para menos de 2 segundos.

De acordo com Shingo (1985), a metodologia SMED, se divide em três etapas para o seu desenvolvimento.

A primeira etapa é identificar e classificar como *setup* interno o conjunto de atividades realizadas com a máquina parada, e *setup* externo como o conjunto de operações realizadas com máquina em funcionamento (SHINGO, 1985).

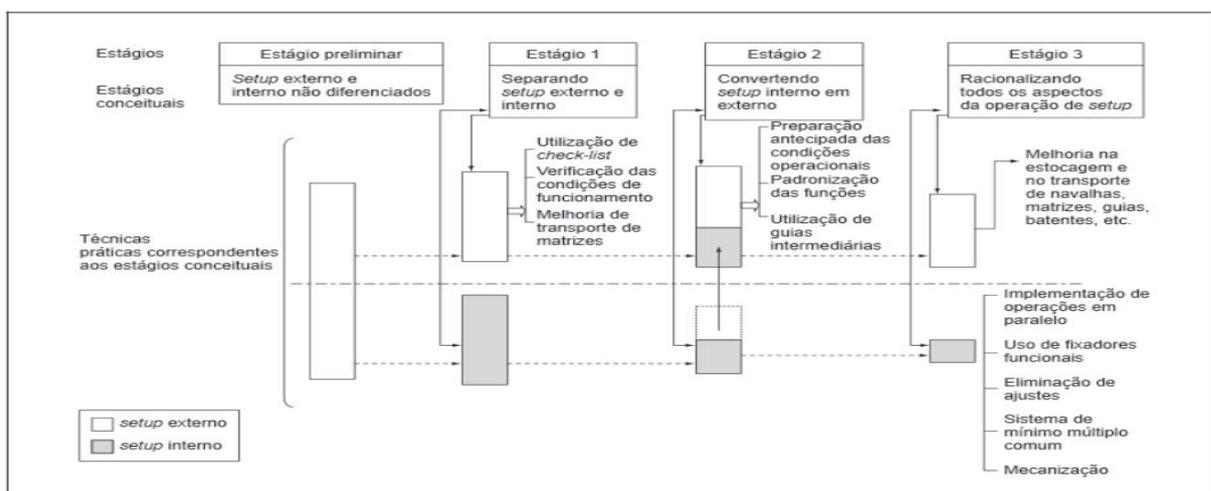
Shingo (1985, p.88) faz uma comparação do *setup* interno e externo com o SMED:

[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED.

Baseado na metodologia Shingo (1985), a segunda etapa é a conversão de *setup* interno em *setup* externo, isto é, a transferência de algumas atividades com a máquina parada para o momento em que esta estivesse em funcionamento. Isso ocorre, pois, alguma operação pode ter sido erroneamente alocada, sendo assim é necessária a conversão do *setup*. Dessa forma, é possível perceber uma considerável redução do tempo da máquina parada.

De acordo com Shingo (1985) a terceira e última etapa é a melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo. Esta abordagem apresenta uma compreensão melhor e permite visualizar o SMED como uma ferramenta de melhoria contínua. A busca do *single-minute* (dígito único) pode não ser alcançada nos estágios anteriores, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento, tanto do *setup* interno como externo. Shingo (1985) estabelece, portanto, técnicas tanto para o *setup* externo como para o interno, que seguem no diagrama de estágios, representado na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de Técnicas associadas ao respectivo estágio



Fonte: Shingo (1996, p. 2).

Vale ressaltar que a aplicação do SMED não é viável para qualquer fábrica ou qualquer máquina. A implantação da metodologia pode não ser possível por razões técnicas, econômicas ou organizacionais. Por exemplo, Rech (2004) apresenta uma pesquisa-ação em uma empresa metalúrgica onde houve falhas no processo de implantação do SMED. Ele destaca que houve problemas organizacionais como a negligência durante o estágio estratégico de preparação para o SMED, a falta de reuniões periódicas (comunicação) e a falta de capacitação dos operadores para executar a metodologia.

2.1.6.5 TPM

A manutenção preventiva total (TPM) é caracterizada pelo conjunto de atividades voltadas ao resultado do processo. Seu objetivo é garantir a máxima eficiência do sistema de produção, maximizar a vida útil dos equipamentos que compõe o sistema produtivo buscando, também, a perda nula. A aplicação dessa ferramenta passa por todos os elementos da cadeia de produção, desde o operário que opera os equipamentos até os níveis superiores de gestão. O surgimento dessa ferramenta veio em decorrência de outras ferramentas de manutenção: manutenção preventiva e corretiva. Desta forma, em 1969, a Nippondenso (pertencia ao grupo Toyota), introduziu a TPM em seus sistemas produtivos (VENKATESH, 2005).

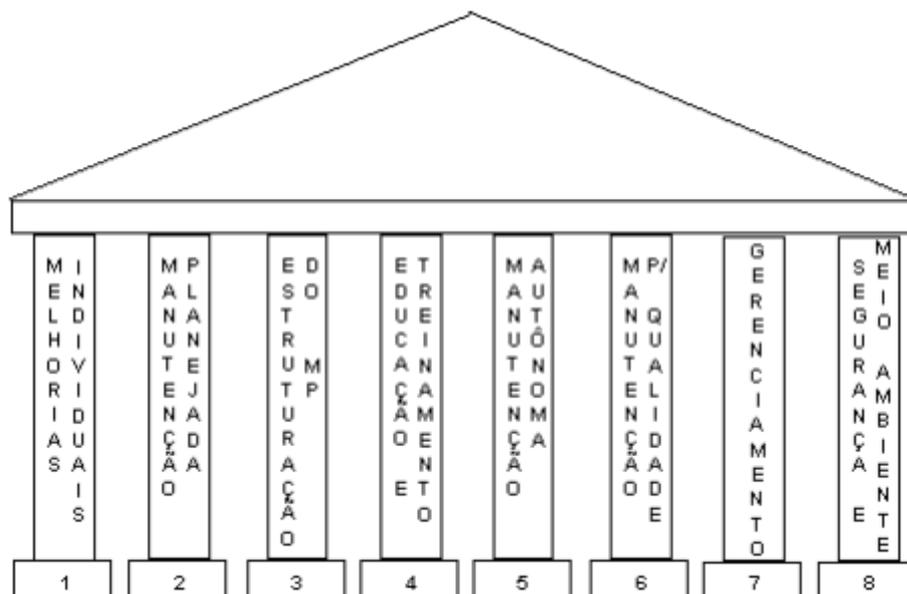
Contudo, a meta da TPM consiste em aumentar a eficiência da planta fabril e dos equipamentos nela presentes. Ademais, essa ferramenta utiliza a manutenção autônoma (MA) uma vez que todos os operários devem realizar manutenções rotineiras como limpeza, lubrificação dos equipamentos e rotinas de inspeções. No entanto, para sua implementação, deve-se haver devida atenção na preparação do sistema produtivo para que receba essa ferramenta. O sistema deve obter condições mínimas necessárias para que a ferramenta tenha sucesso. Preparação inadequada, falta de participação da alta gerência ou metodologia incorreta tem sido uma das principais causas do insucesso da implementação (MIRSHAWKA; OLMEDO, 1994).

A ferramenta em questão foi aprimorada ao longo do tempo dando origem a quatro subsequentes versões. A primeira delas teve seu início no Japão e teve como principal objetivo a quebra zero. Além disso, ela foi pautada em cinco pilares: eficiência, autorreparo, planejamento, treinamento e ciclo de vida. A segunda versão,

criada em 1989, era pautada em oito pilares e tinha como objetivo a perda zero. A terceira, criada em 1997, também pautada em oito pilares, tinha como objetivo todos os objetivos prévios propostos pelas outras versões somadas à redução dos custos (JIPM, 1999). Os oito pilares da TPM consistem naqueles apresentados na Figura 4.

Portanto, com o TPM é possível a eliminação de perdas por não conformidade ou qualidade não desejável. Essa eliminação se dá tanto na esfera produtiva quanto na esfera de atendimento da companhia em análise. A sua vantagem sobre as demais ferramentas é a possibilidade de comparação a um *benchmark* uma vez que é obtido indicadores de desempenho e de produtividade (JIPM, 1999).

Figura 4 – 8 pilares da TPM



Fonte: Suzuki (1994 apud WYREBSKI, p. 12)

2.1.6.6 Heijunka

Heijunka é uma ferramenta do *Lean* que consiste em um maior nivelamento da produção a fim de acompanhar melhor a demanda. Esse termo é de origem japonesa e significa, literalmente, nivelamento. Essa ferramenta consiste na alteração da capacidade produtiva a fim de que assim nivele-se a produção (ROTHER; SHOOK, 1999).

Quando a implementação dessa ferramenta ocorre, a companhia deixa de produzir lotes grandes e passa a produzir lotes menores em linha com a demanda. Desta forma, em um primeiro instante, a companhia deve ter seus custos de inventário

reduzidos uma vez que os estoques são atenuados pois somente é produzido o necessário. Somado a esse benefício, o sistema produtivo estará protegido contra picos altos de demanda uma vez que a produção está de acordo com o *takt time* da companhia (taxa média de vendas) (FERNANDES; GODINHO, 2007).

Posto isso, há duas maneiras de realizar o nivelamento da produção: nivelamento por volume ou nivelamento por tipo. O nivelamento por volume consiste na nivelção da produção pelo volume médio de pedidos que é recebido. Para um exemplo prático a fim de melhor entendimento, se na segunda-feira é recebido apenas 1 pedido e na terça-feira 9 pedidos, de acordo com o *Heijunka*, deve-se nivelar a produção e assim produzir apenas 5 pedidos por cada dia. Para o nivelamento por tipo, ele terá maior aplicabilidade quando está sendo gerenciado um portfólio de produtos. O mecanismo consiste no mesmo, entretanto, é segregado para cada produto que for pedido na companhia. Para efeito prático, se eventualmente for pedido em 5 dias 10 produtos do pedido A, 20 do produto B, 30 do produto C, 40 do produto D e 50 do produto E, então deve-se programar a capacidade de produção da companhia em 30 produtos por dia. Para o nivelamento por tipo deve-se usar a caixa *Heijunka*, que consiste na programação da produção desses produtos (SMALLEY, 2004).

Figura 5 – Caixa Heijunka



Fonte: Borcz (2003, p. 37).

2.1.6.7 Jidoka

Em 1926, Sakichi Toyoda lança uma nova tecnologia capaz de parar imediatamente o sistema produtivo quando um dos fios da linha têxtil se rompesse.

Desta forma, o *Jidoka* consiste na automação da linha de produção tornando a dependência da máquina atenuada em relação ao homem. Desta forma, buscando uma maior produtividade a partir da redução do número de homens no chão de fábrica, este conceito foi transferido para a Toyota dando origem ao que se conhece por automação, ou *Jidoka* (GHINATO, 1995; OHNO, 1997; LIKER, 2005; HOLWEG, 2007). Assim posto, a ferramenta em questão tem como objetivo a redução da dependência da máquina em relação ao homem (GHINATO, 1995; ANTUNES, 2008).

Na Toyota, o sistema não é aplicado estritamente às máquinas, mas também as linhas de produção manuais. Desta forma, qualquer operador pode paralisar a linha de produção desde que seja identificado qualquer problema. Essas paralisações são feitas a partir de um sistema de informação visual chamado *andon*. *Andon* significa sinal de luz para pedir ajuda, que consiste em um painel luminoso colorido (LIKER, 2005; MONDEN, 1984; OHNO, 1997; SHINGO, 1996).

O *Jidoka* tem como objetivo original prevenir a propagação de defeitos na produção tanto para máquinas quanto para operações manuais e, assim, parar a produção quando atingir a quantidade programada. Em outras palavras, é um mecanismo de averiguação das anomalias do processo que permite a investigação imediata das causas (GHINATO, 1995; OHNO, 1997). Para Grout e Toussaint (2010), os passos básicos são:

- a) Detectar o problema;
- b) Parar o processo;
- c) Restaurar o processo para funcionamento adequado;
- d) Investigar a causa raiz do problema;
- e) Tomar as medidas devidas para a solução do problema.

O conceito de *Jidoka* está mais ligado à autonomia do que automação. Ele consiste na autonomia de um operador paralisar o sistema produtivo ao detectar uma anormalidade. A participação da força de trabalho é essencial para a progressão desse conceito no chão de fábrica (GHINATO, 1995; MONDEN, 1984; OHNO, 1997).

2.1.6.8 Just in Time

A produção *Just in Time* (JIT), ou “no momento certo”, significa produzir apenas o que é necessário quando necessário na quantidade necessária sem geração de estoque. Este sistema de produção veio para substituir o *Just in Case*, no qual grandes quantidades de produtos ou insumos ficavam estocados para estarem disponíveis ao processo produtivo quando fossem necessários (DENNIS, 2008).

Essa técnica foi desenvolvida dentro Toyota na década de 50, onde buscava-se produzir um produto de qualidade com o mínimo de recursos, reduzindo custos e aumentando a lucratividade. A ideia do *Just in Time* é fazer com que a matéria prima chegue no momento exato em que é necessária, eliminando os estoques parados entre as etapas do processo produtivo e garantindo que os pedidos sejam entregues dentro prazo (GHINATO, 1994).

Segundo Dennis (2008), a produção JIT segue algumas regras:

- a. Produzir um item apenas após pedido do cliente;
- b. Nivelar a demanda;
- c. Conectar todos os processos à demanda por meio de Kanban;
- d. Maximizar a flexibilização de pessoas e máquinas.

Richard (1989, p. 9) conceitua o JIT da seguinte forma:

Mais do que uma técnica, o JIT é considerado uma filosofia de produção voltada para a eliminação de desperdícios no processo total de fabricação, cuja meta é eliminar qualquer função desnecessária do sistema de manufatura que traga custos indiretos, que não acrescente valor para a empresa, e que impeça melhor produtividade ou agregue despesas desnecessárias no sistema operacional do cliente.

2.1.6.9 KPI

Os Indicadores-Chave de Desempenho, também conhecidos pela sigla KPI, em inglês *Key Performance Indicator*, são medidas que mostram a comparação do que foi realizado pela operação em relação a uma expectativa ou objetivo, possibilitando a avaliação e monitoramento dos processos de uma empresa, ou seja, os KPIs dizem o que a organização precisa fazer para aumentar seu desempenho (PARRNENTER, 2010).

Segundo Francischini, A. e Francischini, P. (2017, p. 6) “indicadores são medidas qualitativas ou quantitativas que mostram o estado de uma operação, processo ou sistema”.

Também como expõe Fernandes (2004, p.3):

A tarefa básica de um indicador é expressar, da forma mais simples possível, uma determinada situação que se deseja avaliar. O resultado de um indicador é uma fotografia de dado momento, e demonstra, sob uma base de medida, aquilo que está sendo feito, ou o que se projeta para ser feito.

Os KPIs caracterizam-se como uma ferramenta de medição de desempenho dos setores, de formas quantificáveis, buscando entender se os objetivos estão sendo atingidos e a necessidade de adotar medidas corretivas. De acordo com Parmenter (2007), os KPIs podem ser representados pela combinação de um ou mais indicadores, representando um conjunto de medidas focadas nos aspectos mais determinantes para o desempenho satisfatório e atingimento dos objetivos da empresa

Na escolha dos KPIs, a organização deve assegurar que as informações sejam mensuráveis, precisas, confiáveis e utilizáveis para implementar ações corretivas quando o desempenho não está satisfatório ou para melhorar a eficiência e eficácia dos processos. A escolha certa dos KPIs faz com que eles se complementem e juntos formem um relatório informativo valioso para tornar visível os pontos negativos e positivos do trabalho realizado, mostrando as melhores formas para otimizá-lo (PADOVEZE, 2010). A Figura 6 apresenta importantes aspectos que um KPI deve ter.

Segundo o Tribunal de Contas da União - TCU (2000), o indicador de desempenho é um número, percentagem ou razão que mede um aspecto do desempenho com a finalidade de comparar essa medida com metas preestabelecidas. O monitoramento dos indicadores deve ser constante, em intervalos padronizados, isso possibilita a construção de uma base de conhecimento ao longo do desenvolvimento da empresa, seja mensal, trimestral, bimestral ou anual.

Os KPIs são ferramentas de gestão largamente utilizadas por empresas do mundo todo para medir e avaliar o desempenho de seus processos e gerenciá-los da maneira mais eficaz e eficiente possível, visando à conquista das metas e objetivos previamente estipulados pelas Instituições” (MPSP, 2017, p.8).

Figura 6 – Passo a passo KPI

1. Disponibilidade para ser Mensurado	2. Importância para a base do Negócio	3. Relevância	4. Ajudar em Escolhas Inteligentes	5. Periodicidade
Para escolher um KPI principal ele precisa estar disponível, para que possa ser mensurado e analisado corretamente.	O KPI mostra que a sua estratégia está tendo resultados e que o objetivo principal está sendo atingido. Se você crescer o seu negócio e vender mais, o seu KPI deve te mostrar que você está realmente crescendo e vendendo mais.	Um dos maiores erros na escolha de indicadores é escolher indicadores de vaidade, ou seja, números que não mostram nenhum resultado.	Dados e informações são a base de boas escolhas. O indicador-chave de desempenho precisa ajudar a fazer escolhas inteligentes. Não adianta possuir bons dados, se eles não são a base para escolher o melhor caminho para a sua empresa.	O KPI precisa ser medido constantemente e, esse acompanhamento é o que permite entender o que funciona e o que não funciona. Escolha KPI's que podem ser medidos periodicamente e podem ajudar na tomada de decisões periódicas.

Fonte: Adaptado de Marketing de Conteúdo (2015).

Os objetivos estratégicos de uma empresa estão geralmente atrelados aos indicadores de desempenho, os quais representam medidas importantes de atividades e resultados cruciais para o sucesso da organização como um todo ou de um determinado processo. A existência de indicadores promove a busca por lucratividade, já que esses norteiam o caminho traçado pelo planejamento estratégico (CASSETTARI; PEDROSO; CASSETTARI, 2009).

2.1.6.10 ***Kaizen***

O termo *Kaizen* surgiu na década de 50 no Japão, quando o país buscava se recuperar da devastação causada após a Segunda Guerra Mundial. Desta forma, os japoneses eram motivados a buscarem formas criativas de organização e visavam alcançar sempre melhores resultados (WERKEMA, 2010).

Trata-se de uma metodologia que viabiliza melhorias rápidas, sem a necessidade de dispor de muitos recursos financeiros, a partir da utilização do senso comum de forma organizada, conhecimento das etapas do processo produtivo, e da criatividade focada em melhorar um processo individual ou um fluxo de valor completo. Segundo Ohno (1997), *Kaizen* é um termo japonês que significa em seu sentido literário “mudança para melhor”, e envolve toda a hierarquia da empresa.

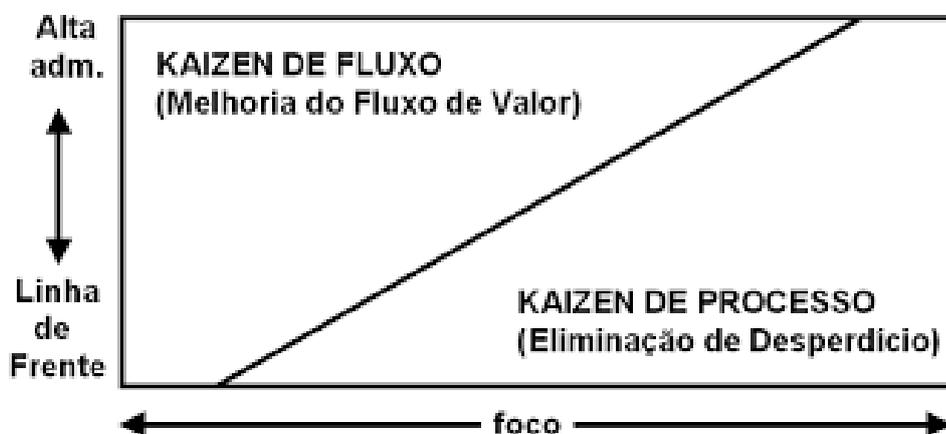
O *Kaizen*, portanto, trata-se de um conjunto de filosofias organizacionais e ferramentas para atingir resultados melhores em todos os segmentos e processos de

uma empresa de forma constante, planejada e sistêmica. Segundo Caffyn (1999), pode-se dizer que além da alta gama de melhorias em processos, a ferramenta também atua no desenvolvimento individual e coletivo da equipe, que por sua vez passa a aprimorar as habilidades, o trabalho em equipe, a autoconfiança, e, a capacidade de solucionar problemas recorrentes.

Womack e Jones (1998, p. 15) complementam a ideia anterior dizendo: “ocorre aos envolvidos que o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros é infinito, e ao mesmo tempo, oferece um produto que se aproxima ainda mais do que o cliente realmente quer”.

Rother e Shook (1999), propuseram uma divisão teórica do evento *Kaizen* em duas partes, cada uma de acordo com a sua finalidade, sendo elas *Kaizen* de Processo e de Fluxo. O *Kaizen* de Processo foca na eliminação de desperdícios como um todo, enquanto o *Kaizen* de Fluxo tem por objetivo melhorias no fluxo de valor. Além disso, esta divisão evidencia qual parte da hierarquia será mais exigida em função da atividade que está sendo realizada. Segundo os autores, quanto mais voltadas à assuntos estratégicos, mais será exigida a participação da alta administração. Conforme os assuntos voltam-se para a linha de produção (*Kaizen* de processo), os colaboradores envolvidos diretamente com a atividade em questão serão mais exigidos, pois eles lidam diretamente com os desperdícios no setor.

Figura 7 – Relação entre *Kaizen* de fluxo e de processo



Fonte: Rother e Shook (1999 *apud* CITTATINI; GHISINI; AMIN, 2016, p.32).

Os mesmos autores concluem, que a filosofia de melhoria contínua visa a eliminação dos 3Ms:

- a. *Muri*: eliminar a sobrecarga de trabalho;
- b. *Muda*: eliminar os sete desperdícios (tempo, movimentação, estoque...);
- c. *Mura*: eliminar a irregularidade das atividades.

De acordo com Hirata (1993), o universo da melhoria contínua advinda da metodologia *Kaizen* tem como grande vantagem a criação de um ambiente motivacional, e o comprometimento por parte de todos os colaboradores em realizar as propostas de melhorias identificadas. Ainda segundo o autor, redução de *lead time*, redução dos níveis de estoque em processo, redução de *setup*, aumento de produtividade, aumento da qualidade, aumento da segurança, otimização do *layout*, padronização das operações são também alguns dos benefícios provenientes do *Kaizen*. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 264) “o efeito é tanto reduzir a repetição do trabalho como aumentar a autonomia e as oportunidades de desenvolvimento pessoal (...)”, compartilhando com a afirmação de Hirata.

2.1.6.11 Metodologia 5S

De acordo com Campos *et al.* (2005), a metodologia 5S teve sua origem no Japão em meados do século XX e resume-se no empenho dos colaboradores em organizar o posto de trabalho através da manutenção apenas do que é necessário, da limpeza, da disciplina na execução do trabalho, sem ter uma supervisão em todo o tempo.

O 5S é um método que proporciona a limpeza e organização das áreas de trabalho. Esse método pode trazer alguns benefícios para a empresa, sendo alguns deles: aumento da produtividade, redução de desperdícios, atendimento aos prazos e aumento da segurança do trabalho (WERKEMA, 2010)

Segundo Campos *et al.* (2005), na maioria das vezes, essa metodologia é interpretada como uma faxina geral, pelo fato de as pessoas não entenderem sua abrangência. Essa metodologia explora 3 dimensões, sendo elas:

- Dimensão física (*Layout*);
- Dimensão intelectual (Realização das tarefas);
- Dimensão social (Relacionamento e ações do dia a dia).

Estas dimensões se relacionam entre elas, a ponto de quando uma é modificada, seja positivamente ou negativamente, percebe-se um reflexo nas outras.

Conforme Arena (2011), os cinco principais sentidos propostos pelo 5S são:

- *Seiri* (Descarte ou senso de utilização): separação de coisas necessárias de coisas desnecessárias, para realizar o descarte das coisas inúteis. É de extrema importância separar, classificar e descartar as coisas de acordo com sua utilidade.
- *Seiton* (Ordenação): definição e identificação do local correto de cada objeto, proporcionando uma procura mais fácil e eficiente;
- *Seiso* (Limpeza): proporciona um ambiente de trabalho limpo, evitando que sujeiras (poeira, cavacos, aparos), gerem danos, defeitos e falhas nos equipamentos; sua ideia principal é evitar a limpeza através do não sujar;
- *Seiketsu* (Padronização): é denominado como senso de higiene, saúde e integridade; é alcançado com a prática dos sentidos anteriores e para atingir este objetivo é necessário conscientizar toda a equipe, de modo que cada indivíduo se reeduque;
- *Shitsuke* (Autodisciplina): esse senso implica em cumprir rigorosamente as normas e tudo o que for decidido pelos colaboradores; a disciplina é considerada um sinal de respeito de uns com os outros; a melhoria individual e organizacional é produzida à proporção que os colaboradores se mantenham comprometidos com o respeito e cumprimento dos padrões técnicos e éticos.

2.1.6.12 Mapa de fluxo de valor (MFV)

Como já exposto, a produção enxuta tem como principal objetivo o fluxo de valor da matéria prima até o produto acabado, levando em conta o processo como um todo, e assim, buscando a sua melhora (QUEIROZ; RENTES; ARAUJO, 2004). Rother e Shook (1999) dizem que para desenvolver o fluxo de valor enxuto, a principal e a mais apropriada técnica é a elaboração de um mapa de fluxo de valor, que é uma

ferramenta bem simples, e que foi desenvolvida por eles. Essa ferramenta é composta por:

- a) Mapeamento do fluxo de material: envolve toda a cadeia de suprimentos, desde os recebimentos dos fornecedores até a entrega do produto final ao cliente;
- b) Mapeamento do fluxo de informação: envolve todas as informações que apoiam e direcionam materiais e processos.

Segundo Elias, Oliveira e Tubino (2011), o mapa de fluxo de valor defende que deve ser escolhido uma família de produtos e acompanhar a produção do mesmo de ponta a ponta, desde o consumidor até o fornecedor, desenhando assim, o mapa de estado atual do fluxo de materiais e informações.

Feito isso, é desenhado o mapa de fluxo de valor futuro, que tem como objetivo analisar as oportunidades de melhoria e indicar como ocorre o fluxo de informações e materiais (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011).

Rother e Shook (1999) expõem que o mapeamento do fluxo de valor deve seguir as seguintes etapas:

- a) Escolha da família de produtos;
- b) Desenho do MFV atual e futuro;
- c) Realização do plano de trabalho e implementação.

Portanto, Rother e Shook (1999) afirmam que, feito o mapa de estado futuro, é preciso implementá-lo rapidamente com o apoio de um plano de implementação do fluxo de valor. Esse plano deve conter algumas metas mensuráveis, os responsáveis nomeados e as datas definidas.

Os processos produtivos demonstrados nos MFV, atual e futuro, tem de ser identificados e devem conter algumas informações básicas. Tais informações são colocadas em caixa de dados padrão que podem conter, dentre outros, os seguintes itens (ROTHER; SHOOK, 1999):

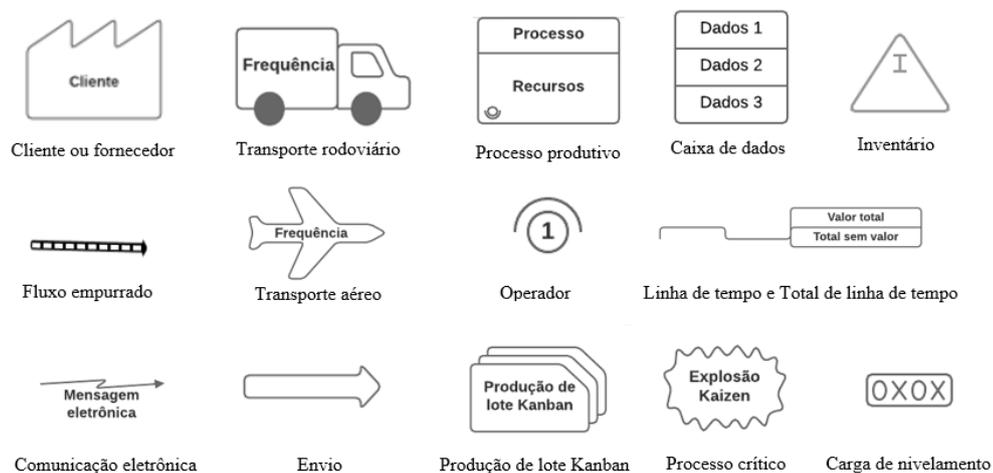
- a) Tempo de Ciclo (C/T): é o tempo necessário para a produção de uma peça, ou até mesmo o tempo de uma etapa do processo de fabricação;

- b) Tempo de Troca ou Tempo de *Setup* (TS): é o tempo em que a produção é interrompida para que os equipamentos sejam ajustados;
- c) Disponibilidade: é o tempo disponível em um turno de trabalho levando em consideração os tempos com paradas e manutenção;
- d) *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*: é um indicador de eficiência geral da máquina muito utilizado em metodologias de TPM; é um produto dos indicadores de disponibilidade, performance e qualidade;
- e) Índice de rejeição: é o índice que determina quantos itens defeituosos foram obtidos no processo;
- f) Quantidade de operadores disponíveis para o funcionamento do processo.

Além das principais etapas que compõem o processo sendo analisado e das caixas de dados com as informações básicas sobre essas etapas, são expostas informações como: “tipo de insumo e método de entrega do fornecedor [...], o fluxo de informações que coordena o processo, tipo de saída e método de entrega ao cliente, o total de tempo no qual não foi agregado valor ao produto e o total de tempo no qual foi agregado valor.” (CHING *et al.*, 2019, p. 33).

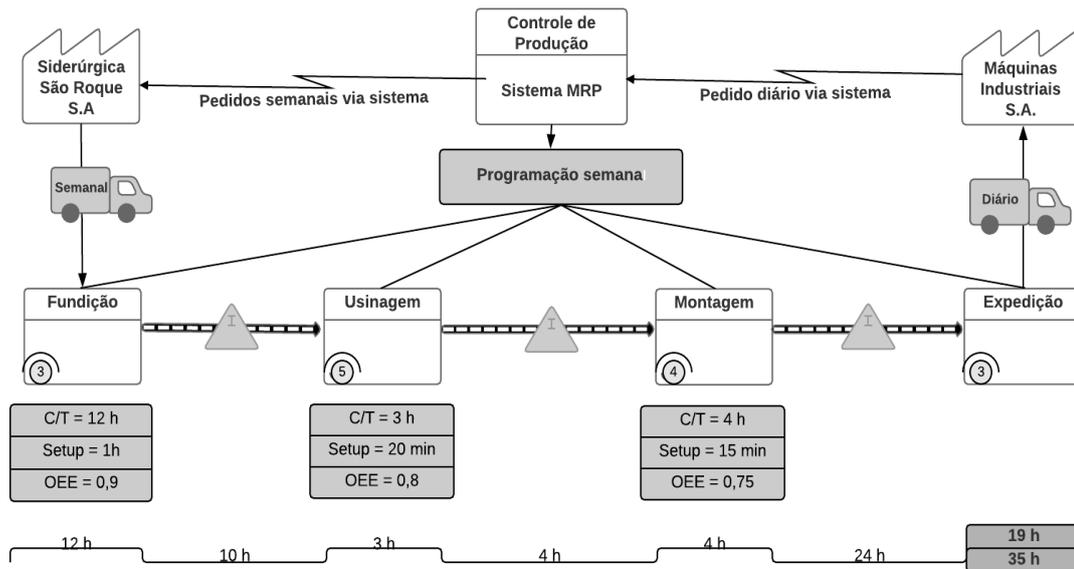
A Figura 8 apresenta alguns símbolos utilizados na elaboração de um MFV e a Figura 9 apresenta um exemplo simplificado de um mapa de fluxo de valor.

Figura 8 – Exemplos de símbolos utilizados na elaboração do MFV



Fonte: Ching *et al.* (2019, p. 32)

Figura 9 – Exemplo de um mapeamento de fluxo de valor



Fonte: Ching et al. (2019, p. 33)

Como pode ser visto na Figura 9, as informações de tempo das atividades que agregam e não agregam valor são colocadas na chamada linha do tempo que registra, portanto, o *lead time* do processo. No exemplo da Figura 9, as etapas de transformação que agregam valor ao produto totalizaram 19 horas e as etapas referentes aos momentos de estocagem, inspeção e transporte, que não agregam valor ao produto (desperdícios), totalizaram 35 horas, resultando em um *lead time* de 54 horas (CHING *et al.*, 2019, p. 33).

2.1.6.13 Diagrama de espaguete

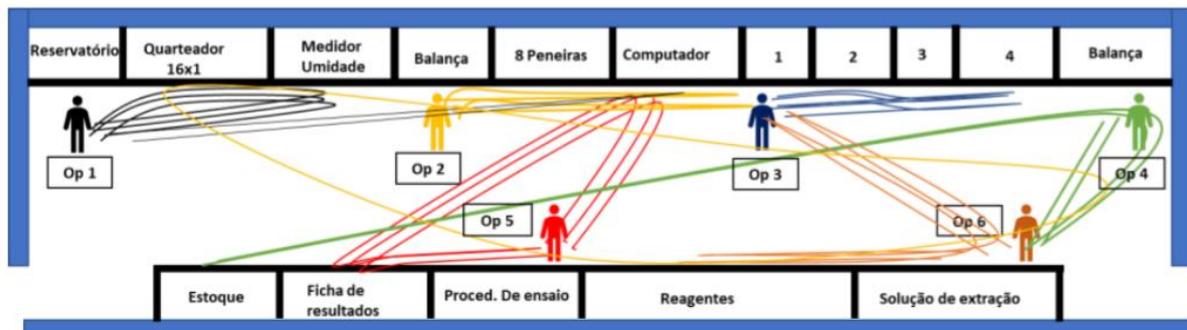
O Diagrama de Espaguete é uma ferramenta útil quando o propósito é determinar as distâncias percorridas pelo produto, operador ou cliente em um processo manufatureiro ou de prestação de serviços (FAVERI, 2013). Assim, também se torna útil para determinar o *layout* ideal de um processo, redesenhando o processo e indicando como o fluxo pode ser melhorado ou reduzido. Ao reduzir as distâncias percorridas, tem-se melhor aproveitamento do tempo gasto entre as etapas do processo (PHILIPS; SIMMONDS, 2013 *apud* FAVERI, 2013).

Para a elaboração de um diagrama de espaguete, deve-se (DEGUIRMENDJIAN, 2016):

- Definir *layout* a ser otimizado;
- Desenhar a planta referente a esse *layout*, mantendo suas características reais;
- Registrar os trajetos percorridos e os respectivos tempos gastos pelos colaboradores/produtos/clientes nestes trajetos, de forma a representar todo o fluxo do processo;
- Analisar criteriosamente os trajetos e os tempos registrados para identificar movimentos desnecessários e passíveis de melhorias;
- Propor novo *layout* e organização do processo que contribua para a eliminação dos desperdícios de movimentação, sem prejuízos aos funcionários.

A Figura 10, apresenta um exemplo de um diagrama de espaguete.

Figura 10 – Exemplo de um diagrama de espaguete



Fonte: Borges *et al.* (2019, p. 73).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Ferpex Indústria e Comércio de Embalagens Ltda (Figura 11), é uma empresa nacional localizada em Fernandópolis, interior de São Paulo, cuja fundação deu-se no ano de 2004.

A empresa está entre as primeiras fabricantes do seu segmento e atualmente comercializa produtos para as principais indústrias do ramo moveleiro, náutico, construção civil, eletroeletrônicos, entre outros. A companhia conta com a mais alta tecnologia para a produção de Polietileno Expandido de Baixa densidade em diversos formatos.

Atualmente possui uma equipe de colaboradores composta por profissionais de alta capacitação técnica, e administrativa, que exercem funções específicas nos vários processos de fabricação do produto.

Figura 11 – Empresa Ferpex



Fonte: Autores (2021).

3.1.1 Principais Produtos

A Ferpex destaca-se por ter um amplo leque de produtos que são totalmente “*home made*” (fabricados em casa). O principal produto da empresa é a bobina de

PEBD (polietileno expandido de baixa densidade) (Figura 12), a qual pode ser entregue de forma inteira, refilada, em sacos, picotada e em lâminas sob medida. Este material possui algumas características especiais, como flexibilidade, impermeabilidade, atóxico, reciclável, isolante térmico e acústico, dentre outras características.

Dentre as diversas aplicações do PEBD, destacam-se alguns exemplos como: colete salva vidas; cantoneira para móveis; embalagens para alimentos e produtos farmacêuticos; revestimento de fios e cabos; brinquedos, entre outros.

Figura 12– Bobina



Fonte: Autores (2021).

As espessuras da manta em bobina podem variar de 0,5 até 8 milímetros (originadas diretamente no processo de extrusão), com larguras e comprimentos variados de acordo com as especificações dos clientes. Para espessuras maiores que 8 milímetros são feitos dublagem (colagem) de mantas, até alcançar a espessura desejada.

Um outro tipo de produto é o perfil, este é fornecido em pacotes com uma quantidade específica de peças. Essa quantidade varia de acordo com o tipo de perfil.

Atualmente, a empresa conta com aproximadamente 19 (dezenove) modelos de perfis como, por exemplo, o perfil “L” 100X100, perfil “baguete” 34X23, perfil “L” 50X50, entre outros. A Figura 13 apresenta um exemplo.

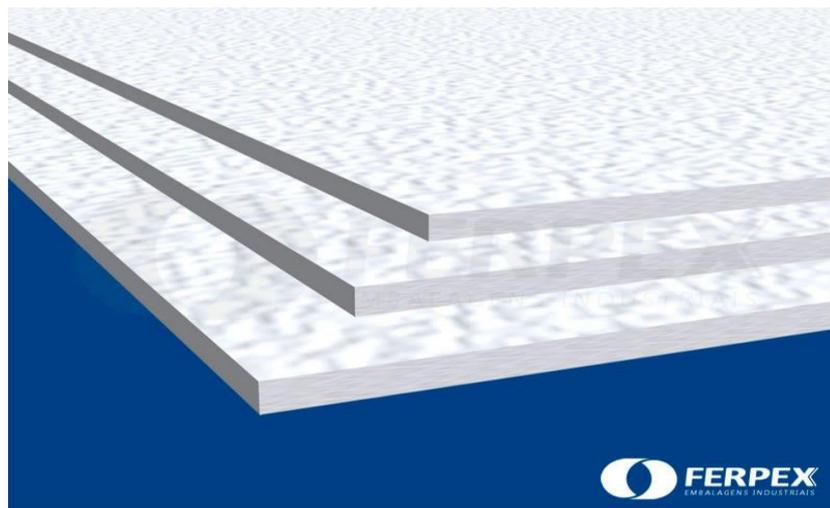
Figura 13 – Perfil “baguete” 34X23



Fonte: Autores (2021).

Um outro tipo de produto são as placas (Figura 14). A espessura pode variar de 10 a 285 milímetros, a largura, de 900 a 1.300 milímetros e o comprimento é variado de acordo com as especificações e necessidade de cada cliente.

Figura 14- Placa

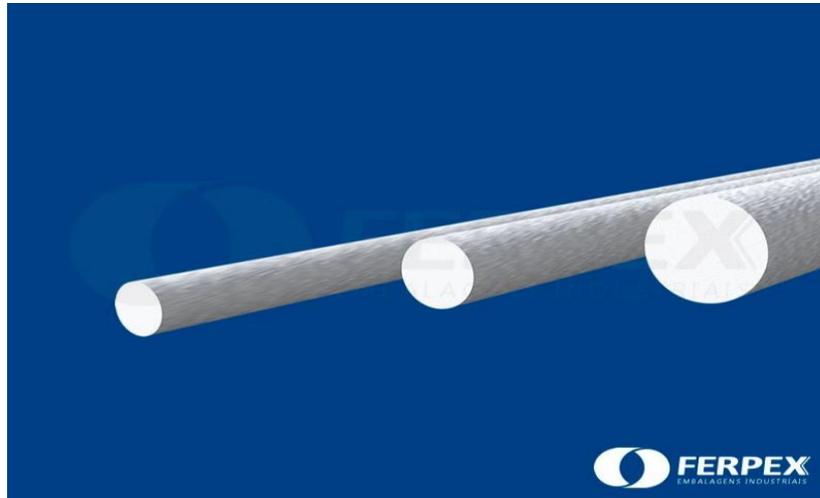


Fonte: Autores (2021).

O tarugo é um produto muito utilizado no cotidiano de quem frequenta piscinas para a realização de atividades físicas aquáticas como a hidroginástica, natação e hidroterapia, servindo como “halteres” quando estão em contato com a água. Este produto é mais conhecido como “macarrão de piscina”, ou “espaguete”. Sua

espessura pode variar entre 5 e 60 milímetros, e seu comprimento padrão é de 2 metros. A Figura 15 apresenta um exemplo de tarugo.

Figura 15 - Tarugo



Fonte: Autores (2021).

Por fim, existem os tubos (Figura 16). São produzidos em linha, variando apenas o tamanho, e a espessura, atendendo as especificações e necessidades de cada cliente. Ao todo são 11 (onze) tipos diferentes de tubos.

Figura 16 – Tubo



Fonte: Autores (2021).

3.1.2 Setor Produtivo

Como dito anteriormente, a Ferpex conta um amplo leque de produtos, portanto foi escolhido apenas uma família de produtos para o estudo de caso em questão, que são as bobinas de PEBD.

A escolha dessa família de produtos deu-se por duas razões: as bobinas representam a maior porcentagem de vendas da Ferpex (41%), em comparação com as demais famílias de produtos, como mostra a tabela abaixo, e têm um custo de fabricação menor do que as demais famílias de produtos. A demanda média mensal das bobinas é de 3.816 produtos, demanda muito superior às demais famílias.

Tabela 1 – Porcentagem de vendas

Família	Vendas (%)
Bobinas	41
Tubos	17
Perfil	22
Placas	20

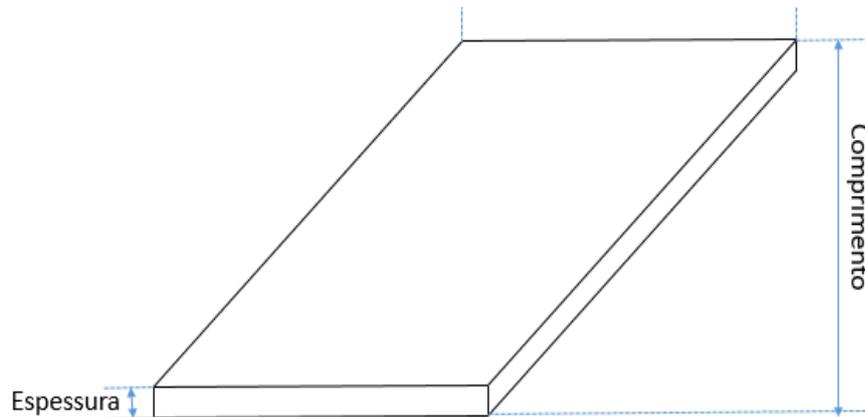
Fonte: Autores (2021).

3.1.2.1 Bobinas pré-cortadas em formatos de lâminas

O primeiro processo produtivo a ser estudado é o de pré-corte, onde o produto primário é a bobina de PEBD. Essa passa por processos até se transformar em uma lâmina, com um certo comprimento, e largura, conforme mostrado na Figura 17. As espessuras dessas lâminas variam de acordo com a espessura de cada bobina, obtendo, portanto, espessuras de 0,5 até 8 milímetros.

Em um primeiro momento, as bobinas encontram-se no estoque, onde são separadas por box (divisões), de acordo com sua espessura e comprimento. O encarregado pela produção recebe uma ordem de produção, geralmente em 4 vias que definem o pedido do cliente. A primeira via é entregue ao operador da serra vertical, a segunda via entregue com os parâmetros para o operador da serra horizontal, a terceira via é entregue para o setor de embalagem, e a quarta e última via permanece com o encarregado de produção.

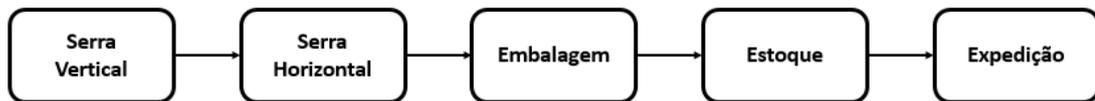
Figura 17 – Lâmina de PEBD obtida através do pré-corte



Fonte: Autores (2021).

A figura a seguir exemplifica o fluxo do processo de pré-corte.

Figura 18 – Fluxograma do processo de pré-corte



Fonte: Autores (2021).

Inicialmente o operador solicita a bobina e a quantidade desejada para o responsável da área, que busca as mesmas e deixa próximo à estação de trabalho da serra vertical.

Tendo as bobinas em mãos, o operador da serra vertical realiza o corte das bobinas em rolos, com a largura de acordo com o pedido feito pelo cliente. Realizado o corte, forma-se o primeiro estoque intermediário.

Após cortar os rolos, os operadores da serra horizontal os pegam e levam até a sua estação de trabalho, colocando-os em um cavalete, conforme mostrado na Figura 19.

Os operadores ligam a máquina e a mesma realiza o corte automático de acordo com o comprimento desejado pelo cliente, assim como a quantidade de lâminas.

Figura 19 – Cavalete contendo 10 eixos para rolos



Fonte: Autores (2021).

Realizado esse procedimento, as lâminas de PEBD, oriundas da serra horizontal, passam até o setor de embalagem, onde são devidamente embaladas com a quantidade desejada pelo cliente. Por exemplo: o cliente deseja um total de 2.000 peças, e pede para ser entregues em 10 pacotes com 200 peças cada.

3.1.2.2 Bobinas picotadas

O segundo processo a ser estudado é a manufatura de bobinas picotadas. Essas assemelham-se muito a um rolo de papel higiênico com uma altura de dois metros.

Nesse processo, o encarregado também recebe a ordem de produção em 4 vias, que contém os parâmetros desejados pelo cliente, e as distribui para os setores que farão parte do processo, como exemplificado na seção 3.2.1, referente ao primeiro processo.

A figura a seguir exemplifica o fluxo do processo de pré-corte.

Figura 20 – Fluxograma do processo de picote



Fonte: Autores (2021).

Inicialmente as bobinas estão dispostas no estoque (box), assim, o operador da serra vertical inicia o processo produtivo solicitando ao responsável da área, o tipo de bobina, e a quantidade desejada para realizar o corte, tudo isso de acordo com o pedido do cliente.

A bobina, em um primeiro momento, é fabricada com 2,00 metros de altura. Portanto, esse corte é feito única e exclusivamente pelo fato de a picotadeira, processo subsequente, suportar bobinas de até 1,60 metros de altura.

Após realizado o corte, a bobina fica à disposição da picotadeira, onde o operador regula a largura do picote de acordo com o pedido do cliente, e realiza o processo de picotar, finalizando o segundo processo. O processo de picote tem como finalidade perfurar a bobina a fim de facilitar o seu destaque, assim como destacar uma folha de papel higiênico.

Finalizado o picote das bobinas, estas ficam dispostas em um estoque intermediário a fim de serem utilizadas novamente pela serra vertical, onde o operador pega as bobinas do estoque e as leva até seu espaço de trabalho.

O operador da serra vertical conta com uma, das quatro vias de ordem de produção, onde está explícito todas as dimensões desejadas pelo cliente. Com isso, ele realiza o corte final na bobina (transformando uma bobina inteira em vários rolos menores).

Junto à serra vertical, encontra-se um ajudante do operador para embalar os rolos que foram cortados. Esse, também é responsável por armazenar o produto acabado em seu devido lugar.

3.1.3 *Layout* do Chão de Fábrica

O estudo proposto foi realizado em um dos galpões da empresa, que atualmente conta com 3, denominados: G1, G2 e G3. O galpão 1 (G1) é o local onde ocorre o processo de extrusão, e a fabricação dos produtos. No galpão 2 (G2) há uma parte do estoque com as bobinas que apresentam uma maior demanda e é onde ocorrem os cortes dos produtos da empresa (bobinas, perfis, tubos, tarugos e placas) e o picote das bobinas. Já o galpão 3 (G3) é destinado somente ao estoque dos produtos da Ferpex.

Quadro 1 – Identificação dos desperdícios

DESPERDÍCIOS	Descrição e Métricas	Consequências	Modo de Captação	Ação	Ferramentas Lean
Espera	Este tipo de perda está relacionado a inatividade da máquina ou operador, ou seja, nenhum processo é realizado.	Este tipo de perda resulta em: desperdícios de homens e máquinas e aumento de estoques intermediários.	Mapa de Fluxo de Valor; Visitas a Fábrica; Tempos e Métodos	Balanceamento dos Operadores; Realocação para novas atividades.	Kanban; Kaizen; Takt Time
Processamento	São partes no processamento de produção de um produto ou serviço que podem ser eliminados sem prejudicar o resultado.	Atividade não agrega valor ao produto e só aumenta seu lead time.	Mapa de Fluxo de Valor; Visitas a Fábrica e Análise de Tempos e Métodos	Fabricar bobinas com 1,60 metros de altura ; Aquisição e alocação de uma picotadeira na saída da extrusora.	Kaizen; SMED
Movimentação	As perdas por movimentação estão relacionadas a atividades que não agregam valor ao produto, são movimentos desnecessários que um operador ou máquina realizada durante um processamento.	Não utilização das técnicas recomendadas às operações, instabilidade nas operações e operações desnecessária.	Diagrama de espaguete; Desenho do Layout; Tempos e Métodos; Visita a Fábrica	Desenho do layout futuro; Distribuição dos Estoque Intermediários.	Rearranjo do Layout; 5S; Kaizen;
Estoque	O excesso de estoque é causado por matérias-primas ou produtos dentro do depósito aguardando algum tipo de processamento.	Atraso no prazo de entrega, dificuldades na melhoria dos processos (Kaizen), uso de espaços desnecessários, necessidade de controle, inspeção e movimentação, aumento do capital de giro.	Mapa de Fluxo de Valor; Visitas a Fábrica	Reduzir os estoques intermediários; Criação da área de Planejamento e Controle da Produção (PCP); Criação de Supermercados; Mudança do sistema empurrado para o sistema puxado de produção.	Just in Time; Kaizen; Supermercado; Kanban
Superprodução	Superprodução por antecipação, é um tipo de produção realizado antes do tempo programado.	É gerado um elevado nível de estoque do produto fabricado.	Mapa de Fluxo de Valor; Visitas a Fábrica	Mudança do sistema empurrado para o sistema puxado de produção; Nivelamento do takt time; Criação da área de PCP.	Just in Time, Heijunka

Fonte: Autores (2021).

Diante do exposto acima, os métodos de captação dos desperdícios identificados são destrinchados a seguir, são eles: Mapa de Fluxo de Valor, Diagrama de Espaguete, *Gemba* e análise de tempos e métodos.

3.2.1 Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual

Como exposto no referencial teórico, o mapeamento de fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que pode ser utilizada em uma família de produtos específica, como no caso abaixo. Essa técnica identifica todas as atividades que agregam valor, bem como as que não agregam, analisando o fluxo desde a

recebe os pedidos de seus clientes de forma eletrônica, por meio de *e-mails* e/ou sistema próprio, e dispara a ordem de produção para o G1. Quando a informação chega ao fornecedor interno (G1), é enviado a bobina produzida, por meio de caminhões, ao estoque primário (box no G2).

A partir do estoque primário, o MFV atual descreve o fluxo de dois processos paralelos, sendo eles, o de pré-corte e o de picote, respectivamente. No primeiro processo, as bobinas são carregadas pelo operador até a serra vertical 1, levando 156 segundos para serem processadas. Em seguida, o operador pega essas peças prontas no estoque intermediário e alimenta a serra horizontal 1, que tem um tempo de ciclo de 42 segundos. Posteriormente, o operador retira as peças do segundo estoque intermediário e as transfere para o setor de embalagem, cujo processo leva 37 segundos. Por fim, o responsável do almoxarifado retira as peças do último estoque intermediário e as encaminha para o setor de expedição, onde serão estocadas e transportadas ao cliente, permanecendo no setor aproximadamente 2,5 dias.

Já no segundo processo, o de picote, existe uma operação a mais, entretanto a ideia é a mesma. O operador vai até o estoque inicial pegar as bobinas e em seguida alimenta a serra vertical 2, que demora 115 segundos para finalizar o corte. Após esta operação, um colaborador pega a bobina do primeiro estoque intermediário e carrega a picotadeira, sendo este o gargalo da produção, com um tempo de ciclo de 400 segundos. Após o picote, o colaborador retira a peça do segundo estoque intermediário e alimenta a serra vertical 2, onde essa é processada em 152 segundos. Nesta etapa o ajudante do operador pega as peças do terceiro estoque intermediário, embala em 30 segundos, e as encaminha para o último estoque intermediário, localizado imediatamente antes da expedição. Por fim, as peças permanecem na expedição por 2,5 dias e são levadas por meio de caminhões até o cliente.

Os valores de estoques intermediários, representados pelos triângulos, são distintos porque os tempos de ciclo das máquinas variam. Os tempos dos estoques intermediários dos processos em paralelo são respectivamente 0,29 dias, 0,18 dias, 0,07 dias e 0,06 dias.

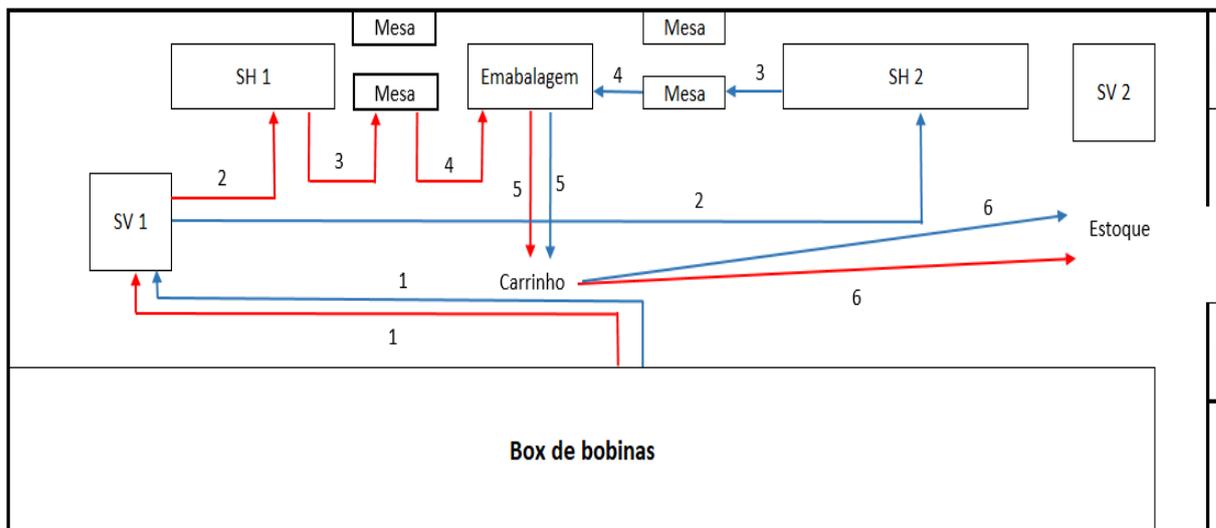
O *lead time* atual da empresa é de 4,9 dias (117,6 horas), ou seja, esse é o tempo que a peça leva para concluir o fluxo de produção. Porém, dentre esse tempo, 932 segundos (15,6 min) correspondem ao tempo de valor agregado do produto.

3.2.2 Diagrama de Espaguete

Por meio das visitas ao chão de fábrica (*Gemba*), foi desenvolvido o diagrama de espaguete referente aos dois processos estudados, o de pré-corte e o de picote.

No processo de pré-corte têm-se dois percursos devido à presença de duas serras horizontais que realizam a mesma função, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 23 – Diagrama para pré-corte



Legendas:

- Seta azul: Percurso A do pré-corte
- Seta vermelha: Percurso B do pré-corte

Fonte: Autores (2021).

As métricas dos percursos A e B, referente ao processo de pré-corte, foram extraídas por meio do *Gemba* e análise de tempos e métodos. Durante a visita ao chão de fábrica, um dos autores desse trabalho acompanhou todo o processo realizado, no qual foram coletadas 4 amostras. As médias das 4 amostras são os resultados expostos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Métricas do diagrama de espaguete

Percurso A: Vermelho			
Caminho	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)
Caminho 1	Pegar bobina no box e levar até a serra vertical 1	22,0	18
Caminho 2	Após o corte dos rolos, levar até a serra horizontal 1	8,3	7
Caminho 3	Colocar o produto na mesa pré-embalagem	6,9	6
Caminho 4	Embalagem	3,4	3
Caminho 5	Produto pronto no carrinho	3,4	3
Caminho 6	Levar produto acabado até o estoque	57,1	45
Total		101,1	82

Fonte: Autores (2021).

Tabela 3 – Métricas do diagrama de espaguete

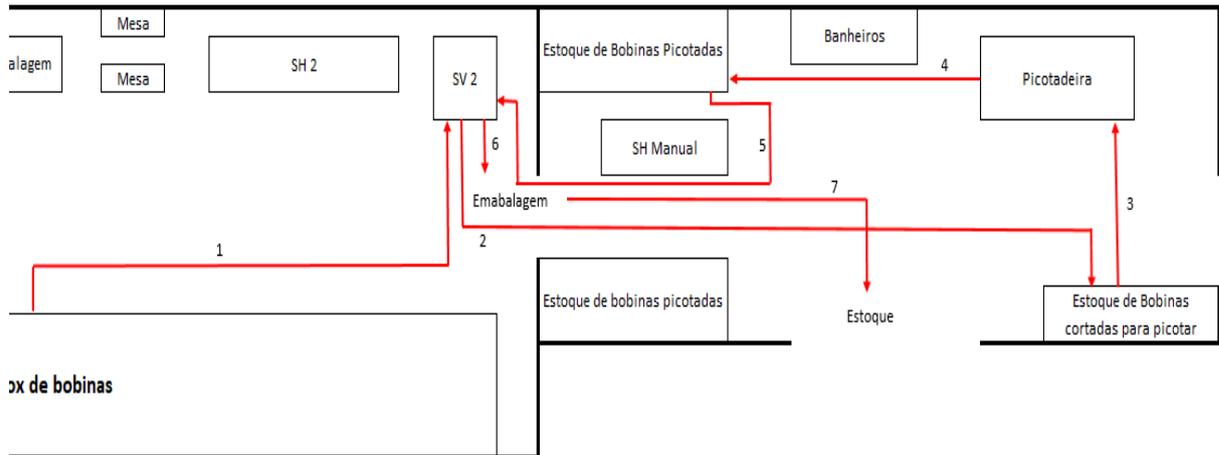
Percurso B: Azul			
Caminho	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)
Caminho 1	Pegar bobina no box e levar até a serra vertical 1	22,0	19
Caminho 2	Após o corte dos rolos, levar até a serra horizontal 2	27,5	22
Caminho 3	Colocar o produto na mesa pra embalagem	7,6	7
Caminho 4	Embalagem	2,1	2
Caminho 5	Produto pronto no carrinho	3,4	3
Caminho 6	Levar produto acabado até o estoque	57,1	47
Total		119,6	100

Fonte: Autores (2021).

Na sequência, o diagrama de espaguete referente ao segundo processo estudado, picote.

As métricas do percurso único referente ao processo de picote também foram extraídas por meio do *Gemba* e análise de tempos e métodos. Durante a visita ao chão de fábrica, um dos autores acompanhou todo o processo realizado, no qual foram coletadas 4 amostras. As médias das 4 amostras são os resultados expostos na Tabela 4.

Figura 24 – Diagrama para picote



Legendas:

- Seta vermelha: Percurso único da picotadeira

Fonte: Autores (2021).

Tabela 4 – Métricas do diagrama de espaguete

Percurso Único			
Caminho	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)
Caminho 1	Pegar bobina no box e levar até a serra vertical 2	20,6	17
Caminho 2	Após o corte, levar até o estoque de bobinas para picotar	16,5	13
Caminho 3	Picotar	6,9	6
Caminho 4	Levar até estoque de bobinas picotadas	7,6	7
Caminho 5	Levar até serra vertical 2	10,3	8
Caminho 6	Ajudante do operador embala	3,4	3
Caminho 7	Levar produto acabado até o estoque	30,9	25
Total		96,3	79

Fonte: Autores (2021).

3.3 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS

3.3.1 Desperdícios de Movimentação

O desperdício de movimentação, dentre os desperdícios identificados, é o mais evidente na empresa.

Problemas identificados:

- Estoques intermediários distantes entre si;
- *Layout* do chão de fábrica deficiente.

O desperdício de movimentação foi o primeiro a ser identificado, logo após a realização do *Gemba* (visita ao chão de fábrica). Este foi evidenciado, antes mesmo da elaboração do diagrama de espaguete, devido à movimentação desnecessária dos colaboradores, acompanhado do material transportado.

Após a elaboração do diagrama de espaguete, mostrado na seção 3.2.2, Figuras 23 e 24, pôde-se notar que a distância entre os estoques intermediários corroborava para as grandes distâncias percorridas pelos colaboradores diariamente. Ou seja, a origem deste desperdício, encontra-se no atual *layout* da fábrica.

O *layout* deficiente do chão de fábrica é o principal causador da grande movimentação. Isso se deve também ao fato de os equipamentos estarem desordenados, e distantes entre si, não obedecendo um fluxo contínuo.

Tratando do processo de pré-corte da bobina, o operador da serra vertical tem que percorrer uma distância de 22 metros para buscar a bobina no box, cortá-la, e posteriormente levar até a serra horizontal, onde a distância percorrida é de 27,5 metros (Figura 23 e Tabela 3). Por fim o responsável pelo estoque busca o produto acabado e o leva para o depósito, percorrendo 57,1 metros.

Posto isso, o operador, juntamente com o material, tem que percorrer longas distâncias, ocasionando um desgaste físico do operador, além de gerar um tempo ocioso do maquinário.

3.3.1.1 Proposta de solução

A primeira proposta de solução para o desperdício de movimentação é o rearranjo do *layout* do chão de fábrica da empresa para melhorar a distribuição dos estoques intermediários e a disposição dos equipamentos.

Uma alternativa é o uso da metodologia 5S do *lean manufacturing* com o objetivo de mudar a cultura da empresa, focando principalmente no *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de organização) e *Seiketsu* (senso de padronização).

3.3.1.2 Potenciais ganhos

A partir das propostas de mudança descritas anteriormente, a empresa teria uma melhor distribuição de estoques intermediários que pouparia tempo, movimentação e desgaste físico do colaborador, além disso, a manufatura se tornaria mais organizada e padronizada. Desta forma, haveria uma redução do desperdício de espera e, conseqüentemente do *lead time*, para atender a demanda mensal. A Figura 25 apresenta o resumo do desperdício de movimentação.

Figura 25 – Resumo do desperdício de movimentação

Problema (s)	Estoques intermediários distantes entre si <i>Layout</i> deficiente do chão de fábrica
Desperdício (s)	Movimentação Espera
Modo de captação	Diagrama de espaguete <i>Layout</i> atual Análise de tempos e métodos <i>Gemba</i>
Proposta de solução	Aplicação do <i>kaizen</i> nos estoques intermediários Uso da metodologia 5S Desenho do <i>layout</i> futuro
Potenciais ganhos	Melhor distribuição dos estoques intermediários Redução do <i>Lead Time</i> Eliminação de movimentações desnecessárias Organização e padronização da manufatura Redução do desgaste físico dos colaboradores

Fonte: Autores (2021).

3.3.2 Desperdício de espera

O desperdício de espera está diretamente relacionado à ociosidade da máquina ou colaborador em questão.

Problemas identificados:

- Capacidade produtiva da serra horizontal é menor do que o setor de embalagem;
- Capacidade produtiva da picotadeira é menor do que da serra vertical.

Por meio do mapa de fluxo de valor atual, visitas à fábrica e análise de tempos e métodos foi possível a identificação dos problemas listados acima.

Como mencionado anteriormente, o desperdício de movimentação também contribui para um desperdício de espera, pois o fato de o operário percorrer longas distâncias acarreta uma ociosidade do maquinário.

Além disso, o desperdício de espera pode estar diretamente relacionado à capacidade produtiva das máquinas, referentes aos processos em que a bobina percorre.

Tratando-se do primeiro processo, exposto na seção 3.2.1, Figura 22, as capacidades produtivas analisadas foram: serra horizontal e setor de embalagem. Embora o tempo de ciclo da serra horizontal (42 segundos) ser próximo ao do setor de embalagem (37 segundos), as capacidades são divergentes, pois não foi considerado o *tempo de setup* de cada uma. Os tempos de *setup* são discrepantes, sendo da serra horizontal, em média 623 segundos, e o do setor de embalagem nulo.

Portanto, a divergência dos tempos de *setup* gera uma ociosidade do setor de embalagem. Logo, os operadores do setor buscam fazer outras atividades que não estão relacionadas ao setor de embalagem, ocasionando movimentações desnecessárias.

Tratando-se do segundo processo (Figura 22), foi observado uma divergência dos tempos de ciclo da picotadeira em relação ao da serra vertical.

A serra vertical, em sua segunda operação, apresenta um tempo de ciclo de 152 segundos, que é menor que o tempo de ciclo da picotadeira (operação anterior), no caso de 400 segundos. Essa divergência gera ociosidade da serra vertical e do respectivo operador, acentuando o desperdício de espera.

3.3.2.1 Proposta de solução

Baseado no mapa de fluxo de valor foi calculado o *takt time* para a produção de uma unidade da bobina, e assim foi possível realizar o balanceamento dos colaboradores, visando a possibilidade de realocá-los para novas atividades.

Outra proposta seria a implementação do sistema de cartões *kanban*. Este seria alocado no supermercado, e entre os postos de trabalho.

Além disso, seria utilizado a ferramenta *kaizen* nos processos relacionados ao *setup* de máquinas (*SMED*), movimentações dos cartões e de produtos quando necessários.

3.3.2.2 Potenciais ganhos

Por meio do balanceamento dos operadores foi possível, dentro do primeiro processo, identificar uma potencial realocação de um dos colaboradores envolvidos para ajudar na preparação da serra horizontal reduzindo seu tempo de *setup* pela metade, de 620 para 310 segundos.

Uma possível alternativa quando o colaborador não estiver ajudando a preparar a serra horizontal, este pode auxiliar na movimentação de estoques intermediários e dos cartões *kanban*. Por consequência dos possíveis ganhos citados acima, o *lead time* também seria reduzido. A Figura 26 apresenta o resumo do desperdício de espera.

Figura 26 – Resumo do desperdício de espera

Problema (s)	Capacidade produtiva da serra horizontal é menor que o setor de embalagem Capacidade produtiva da picotadeira é menor que da serra vertical
Desperdício (s)	Espera
Modo de captação	MFV atual <i>Gemba</i> Análises de tempos e métodos
Proposta de solução	Realização do balanceamento dos operadores Implementação do sistema de cartões <i>Kanban</i> <i>Kaizen</i> de processos Possível realocação do operador para novas atividades
Potenciais ganhos	Flexibilidade de um operador para realização de novas atividades Redução do <i>lead time</i> Tempo de <i>setup</i> da serra horizontal reduzido pela metade

Fonte: Autores (2021).

3.3.3 Desperdício de Processamento

O desperdício de processamento é caracterizado por atividades do processamento de um produto, ou serviço, que podem ser eliminados sem prejudicar o resultado.

Problema identificado:

- Presença de atividades que não agregam valor.

O desperdício de processamento é observado no segundo processo, por meio do mapa de fluxo de valor atual (Figura 22), visitas à fábrica e análise de tempos e métodos, exclusivamente na primeira operação da serra vertical.

Nessa primeira operação, o colaborador recebe uma bobina de 2 metros de altura, e realiza um corte deixando-a com 1,60 metros de altura. Isso ocorre porque a picotadeira suporta trabalhar apenas com bobinas de até 1,60 metros.

O excesso de 40 centímetros do corte é destinado para outros fins, como por exemplo, realização do pré-corte na serra horizontal ou encaixes em um outro pedido, obedecendo a espessura, comprimento e largura. No entanto, esse corte é uma atividade que não agrega valor ao produto, pois trata-se de uma correção para picotar a bobina.

3.3.3.1 Propostas de solução

A primeira proposta para a eliminação deste desperdício é o uso da ferramenta *kaizen* no processo de fabricação das bobinas, possibilitando fabricá-las com 1,60 metros de altura.

Uma alternativa que substitui a primeira proposta é a aquisição de uma nova picotadeira que seria alocada na saída da extrusora, ou seja, fabricar e na sequência picotar a bobina.

3.3.3.2 Potenciais ganhos

Com base nessas propostas de solução seriam obtidos ganhos no tempo de *setup* e tempo de ciclo. O tempo de *setup* seria eliminado pois não existiria a preparação para o corte de 40 centímetros, conseqüentemente seriam suprimidos 17 segundos

do processo. O tempo de ciclo por sua vez, também seria eliminado, ou seja, 115 segundos a menos no fluxo de produção das bobinas. Portanto, 122 segundos que não agregam valor ao produto seriam extintos do processo produtivo.

Devido a eliminação dos tempos de *setup* e de ciclo o *lead time* também seria reduzido. A Figura 27 apresenta o resumo do desperdício de processamento.

Figura 27 – Resumo do desperdício de processamento

Problema (s)	Presença de atividades que não agregam valor
Desperdício (s)	Processamento
Modo de captação	MFV atual <i>Gemba</i> Análises de tempos e métodos
Proposta de solução	Fabricação de bobinas com 1,60 metros de altura Aquisição e alocação de uma picotadeira na saída da extrusora
Potenciais ganhos	Redução do tempo de ciclo Redução do tempo de <i>setup</i> Redução do <i>lead time</i> Eliminação de atividades que não agregam valor

Fonte: Autores (2021).

3.3.4 Desperdício de Estoque

O desperdício de estoque é causado pelo excesso de matérias-primas ou produtos dentro do depósito aguardando algum processamento.

Problemas identificados:

- Deficiência do PCP (Planejamento e Controle da Produção);
- Elevados níveis de estoques intermediários.

Por sua vez, o desperdício de estoque está presente tanto no primeiro processo, quanto no segundo processo apresentado na Figura 22.

Vale ressaltar que o desperdício de espera, também presente em ambos os processos, está diretamente relacionado ao desperdício de estoque da fábrica. Essa

relação ocorre, pois, o tempo de ciclo da picotadeira presente no segundo processo é o responsável pelo gargalo do processo produtivo. E por consequência, o causador dos elevados níveis de estoques intermediários observados no chão de fábrica.

Elevados níveis de estoques intermediários são prejudiciais para a empresa, visto que os produtos presentes no estoque geram custos que não agregam valor ao produto.

Durante a visita ao chão de fábrica foi possível notar algumas práticas que corroboram para o desperdício de estoque, e, evidenciam que a empresa não possui uma operação de planejamento e controle da produção. Por exemplo, é comum que os colaboradores da empresa façam um estoque de rolos cortados com os tamanhos mais comumente demandados (450, 500, 600 e 700mm) para alimentar a serra horizontal presente no primeiro processo. Esta prática não tem respaldo de modelos de previsão de demanda que incorporam, entre outras variáveis, a sazonalidade para a fabricação das bobinas. Ou seja, nota-se que o fator primordial para o desperdício de estoque é a falta de práticas que levam em consideração o planejamento e controle da produção para a tomada de decisão.

3.3.4.1 Propostas de solução

A primeira proposta para este desperdício é tornar o sistema de produção da fábrica, atualmente empurrado, em um sistema de produção puxado, estabelecendo a operação de planejamento e controle da produção.

Outra sugestão, que complementa a primeira, é a implementação do sistema de cartões *kanban*, com o intuito de facilitar, e aprimorar, a mudança para um sistema de produção puxado.

Além disso, também existe a possibilidade da criação de um supermercado entre todos os postos de trabalho referentes ao segundo processo. Esta implementação auxiliará o uso dos cartões *kanban*, além de organizar, e padronizar, os estoques intermediários.

3.3.4.2 Potenciais ganhos

A empresa passaria a atuar com um dos pilares do *Lean Manufacturing*, o *Just in time*, o que corroboraria para uma produção enxuta.

Os lotes de produção tornar-se-iam padronizados, e, os níveis de estoques seriam reduzidos.

A criação da função PCP agregaria valor à empresa em diferentes frentes. Além de diminuir as incertezas relacionadas à demanda, tornando os estoques de segurança mais precisos, também traria benefícios financeiros à Ferpex.

Com base em todos os potenciais ganhos descritos acima, o *lead time* seria reduzido mais uma vez. A Figura 28 apresenta o resumo do desperdício de estoque.

Figura 28 – Resumo do desperdício de estoque

Problema (s)	Deficiência do PCP Elevados níveis de estoques intermediários
Desperdício (s)	Estoque Espera
Modo de captação	MFV atual <i>Gemba</i>
Proposta de solução	Mudança do sistema empurrado para o puxado Implementação dos cartões <i>Kanban</i> Criação de supermercados entre as estações de trabalho Criação da área de PCP
Potenciais ganhos	Lotes padronizados Níveis de estoques reduzidos Produção enxuta Cultura do JIT Lead time reduzido

Fonte: Autores (2021).

3.3.5 Desperdício de Superprodução

O desperdício de superprodução por antecipação é um tipo de produção realizado antes do tempo programado.

Problema Identificado:

- Antecipação da produção de produtos semiacabados.

O desperdício de superprodução foi identificado, em especial no segundo processo, durante as visitas ao chão de fábrica e realização do mapa de fluxo de valor atual. Neste caso, o desperdício é uma consequência direta da produção antecipada de itens semiacabados, como por exemplo, a bobina com picote de 200 milímetros.

A origem desse desperdício encontra-se na operação da picotadeira, cujo operador ao finalizar os pedidos continua sua tarefa para não ficar ocioso. Essa atitude é uma consequência da sensação de ociosidade por parte do colaborador, que é em partes explicada pela relevância do item (40% das vendas). Entretanto, a produção antecipada acarreta, além do desperdício de superprodução, desperdícios de movimentação, espera e estoque.

3.3.5.1 Propostas de Solução

Para este desperdício uma solução seria a mudança do atual sistema de produção empurrado, para um sistema puxado.

Outra proposta seria o uso da ferramenta *Heijunka*, que substitui o supermercado, além de apresentar divisões para as diferentes famílias de produtos. Em conjunto, difundir a filosofia *just in time*, e realizar o nivelamento do *takt time*.

Por fim, a última alternativa seria a criação da área de PCP a fim de mitigar a produção antecipada.

3.3.5.2 Potenciais ganhos

A criação da área de PCP tornaria a produção enxuta, e reduziria os níveis de estoque. Além disso, com o *takt time* nivelado, seriam eliminados a ociosidade e movimentação dos colaboradores. Sendo assim, os desperdícios de superprodução por antecipação, espera e movimentação seriam extintos.

Baseado nos possíveis ganhos descritos acima, o *leadtime* de produção também seria reduzido. A Figura 29 apresenta o resumo do desperdício de superprodução.

Figura 29 – Resumo do desperdício de superprodução

Problema (s)	Antecipação da produção de produtos acabados
Desperdício (s)	Superprodução Estoque Movimentação Espera
Modo de captação	MFV atual <i>Gemba</i>
Proposta de solução	Mudança do sistema empurrado para o puxado Utilização da ferramenta <i>Heijunka</i> Nivelamento do <i>takt time</i> Criação da área de PCP Difusão da filosofia JIT
Potenciais ganhos	Produção enxuta Níveis de estoques reduzidos Eliminação da ociosidade e movimentação <i>Lead time</i> reduzido Eliminação dos desperdícios

Fonte: Autores (2021).

3.4 Mapa de Fluxo de Valor Futuro

Primeiramente, foi levado em consideração algumas variáveis como base de cálculo. Sendo assim, antes de atuar nos processos, foi realizado o cálculo do *takt time*, que revela importantes informações sobre o ritmo de produção da empresa, e a quantidade de operadores necessários por operação.

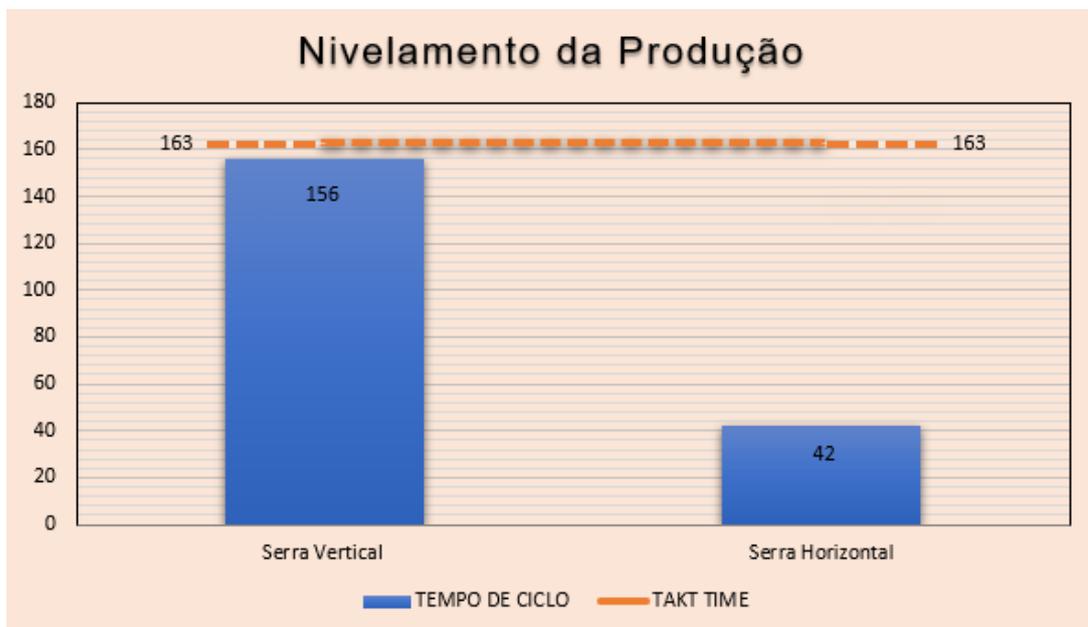
A base de cálculo do *takt time*, assim como o balanceamento dos operadores estão expostos na Figura 31. Para incorporar o fluxo contínuo na operação, foi realizado o balanceamento de operadores, que é a soma dos tempos de ciclo das operações envolvidas no processo, dividido pelo *takt time*. Destaca-se que se o número de turnos for diferente, é necessário segregar os cálculos. Desta forma, ao somar os tempos de ciclo de um processo e dividi-lo pelo *takt time* têm-se o número de operadores necessários para realizar aquela(s) atividade(s). Por exemplo, no caso do processo 1, têm-se apenas um turno de trabalho e foram considerados apenas os

tempos de ciclo das serras horizontal e vertical. Sendo assim, $\frac{\sum Tc}{Tt} = \frac{156+42}{162,9} = 1,21$ operadores, ou seja, este cálculo enfatiza a possibilidade de o segundo operador ficar ocioso durante o processo, o que abre espaço para uma possível realocação da atividade quando este colaborador estiver ocioso.

Nos demais cálculos de balanceamento, expostos na Figura 31, confirmam que o número de operadores está adequado ao praticado atualmente.

A Figura 30 evidencia que o tempo de ciclo está respeitando o limite demarcado pelo *takt time*, ou seja, a empresa opera no ritmo de produção ideal para atender a demanda diária sem a necessidade do nivelamento da produção.

Figura 30 – Nivelamento da Produção



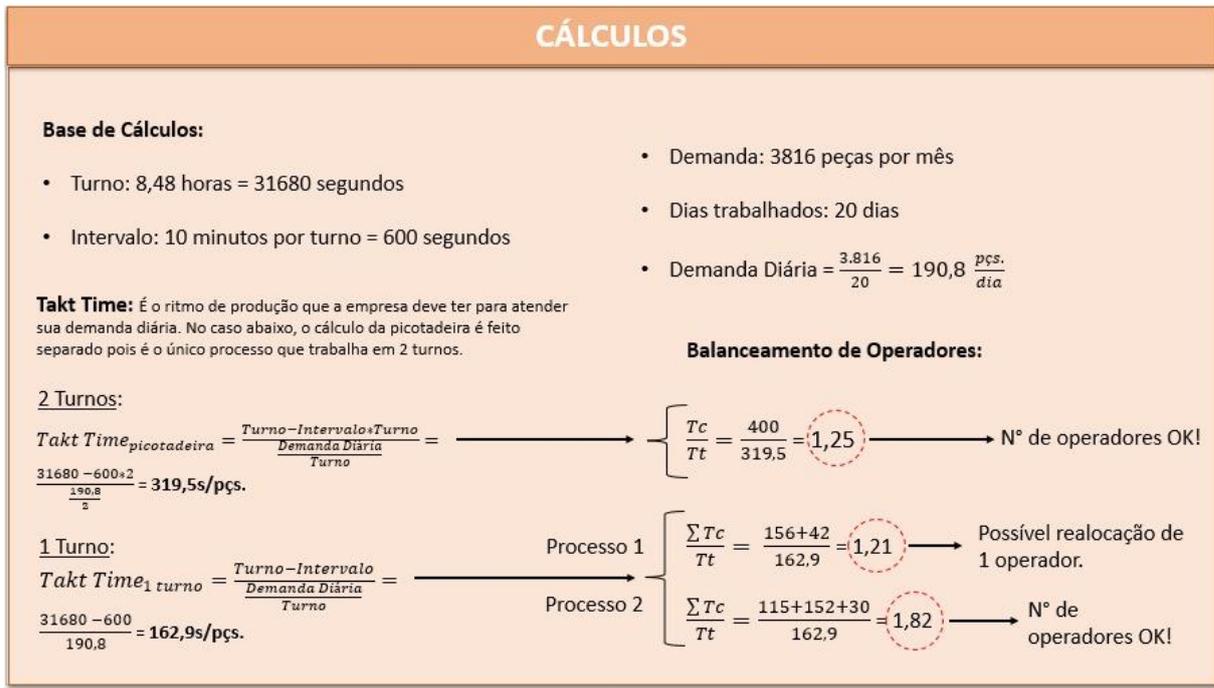
Fonte: Autores (2021).

Ao efetuar o balanceamento dos operadores, pôde-se notar a possível realocação de um colaborador do processo de pré-corte, quando este estiver ocioso. Dito isso, foi realizado um *kaizen* de processos que evidenciou a realocação do operador.

Uma possível nova função para este colaborador seria o respaldo na preparação da serra horizontal, maquinário com maior tempo de *setup* (623 segundos). Tal realocação reduziria o tempo do mesmo. Outra possibilidade, seria o auxílio na movimentação dos cartões *kanban*, que facilitaria o fluxo de informações

entre as estações de trabalho. Uma última alternativa para este colaborador seria monitorar o funcionamento da picotadeira logo após a extrusão.

Figura 31 – Cálculo do *takt time*



Fonte: Autores (2021).

A Figura 32 apresenta o mapa de valor futuro proposto, com base em propostas relacionadas até aqui. O mapa do estado futuro continua com os dois processos, o de pré-corte e o de picote, porém com melhorias de processos e fluxos.

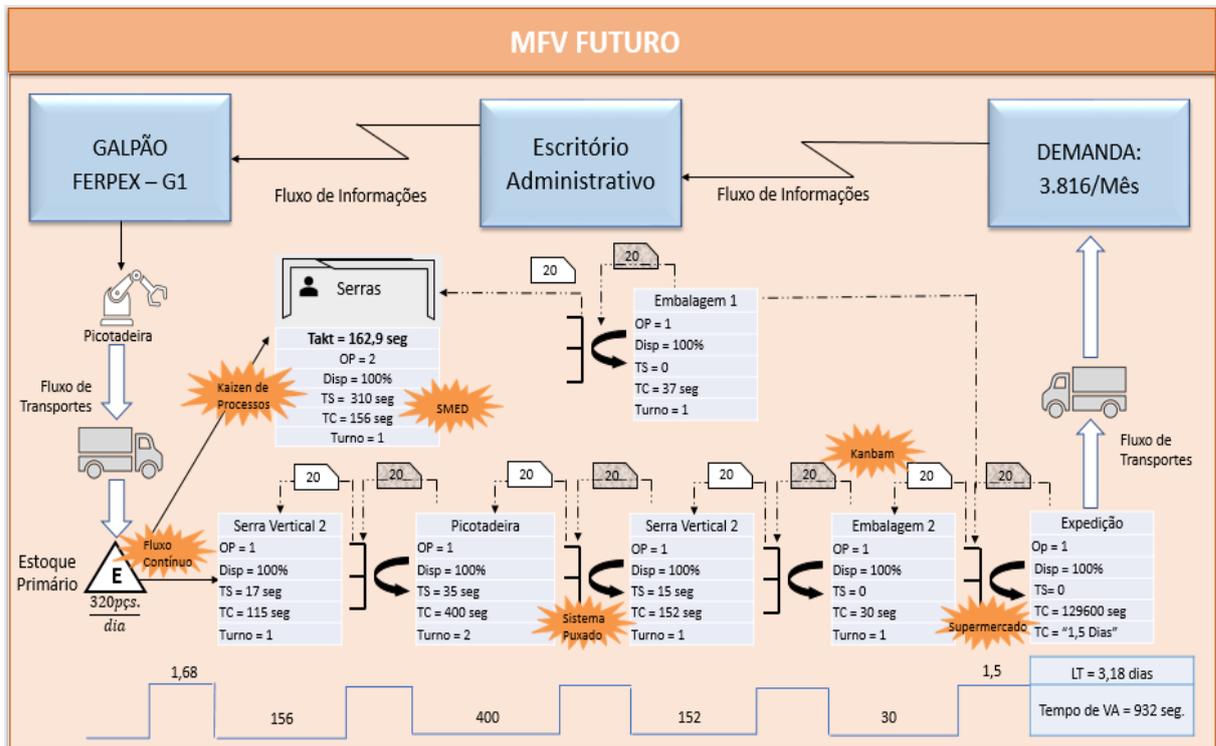
Em relação ao processo de picote, a primeira melhoria identificada foi a troca de um sistema de produção empurrado para um sistema puxado, representado pelas setas curvas, o que torna o fluxo de produção contínuo e enxuto, respeitando um dos principais pilares do *Lean*, o *just in time*.

Na sequência foram criados supermercados entre todas as estações do processo, representado pelo símbolo “㊦”, com o objetivo de auxiliar o funcionamento dos cartões *kanban*. No MFV futuro existem dois tipos de cartões, o de retirada (cartão hachurado), e o de produção (cartão liso).

Combinada as duas implementações, o MFV futuro evidencia a redução dos níveis de estoque, resultando em um maior controle de gestão sobre ele, além de organizar e padronizar os lotes de produção. Por exemplo, quando a expedição retira o lote padrão de 20 peças do supermercado, automaticamente o cartão *kanban* indica

para o posto anterior (setor de embalagem), o início da produção de 20 peças, ao mesmo tempo são retiradas outras 20 peças do supermercado da serra vertical 2, que por consequência receberá o aviso para iniciar a produção, e assim consecutivamente.

Figura 32 – MFV futuro



Fonte: Autores (2021).

Vale ressaltar a presença da picotadeira logo após o processo de extrusão, localizado no G1, proposta de solução apresentada na Figura 27.

Com base nas melhorias propostas, o *lead time* foi reduzido em 1,6 dias (38,4 horas), ou seja, resultando em um fluxo de produção completo de 3,3 dias (79,2 horas). Além disso, o tempo de valor não agregado diminuiu em 310 segundos, devido a redução do tempo de *setup* da serra horizontal 1, e da eliminação dos estoques intermediários.

A Figura 33 expõe um resumo dos ganhos potenciais no processo com o MFV futuro.

Figura 33 – Ganhos no processo com o MFV futuro



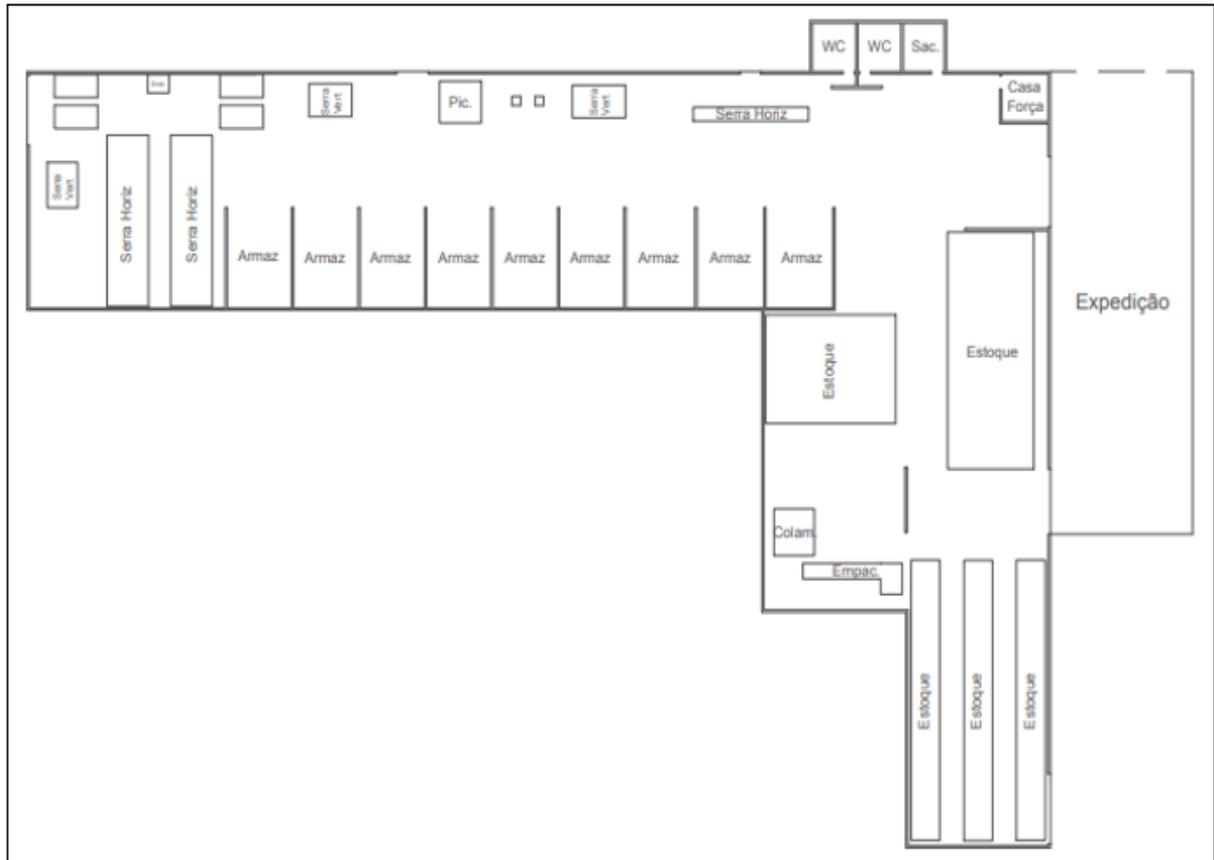
Fonte: Autores (2021).

3.5 Layout Futuro

Com base no exposto nas seções 3.1.3 (*Layout* atual da fábrica) e 3.2.2 (Diagrama de espaguete e dados de movimentação dos operários no processo produtivo), o *layout* futuro (Figura 34) foi desenvolvido para reduzir o desperdício de movimentação da empresa, sinalizado na seção 3.3.1.

Em um primeiro momento foram realocadas algumas máquinas e setores que tem uma alta relação, como por exemplo a serra horizontal, que foi realocada próxima a serra vertical e ao setor de embalagem. Nesse setor há uma grande quantidade de movimentações, por isso o objetivo foi reduzir essas distâncias, visto que elas são percorridas várias vezes durante um dia.

Observando o segundo processo, optou-se por deixar a picotadeira centralizada com os estoques de bobinas, visto que o operador precisaria percorrer distâncias menores para buscá-la no *box*. A serra vertical por sua vez, foi alocada próxima a picotadeira, pois toda bobina picotada acaba sendo cortada. Conseqüentemente, a serra vertical também estaria centralizada com o estoque de bobinas, o que facilitaria o operador atender outros pedidos sem percorrer longas distâncias.

Figura 34 – *Layout* futuro galpão 2 (G2)

Legendas:

- Serra Vert.: Serra Vertical
- Serra Horiz.: Serra Horizontal
- Pic: Picotadeira
- Armaz.: Armazenamento
- Colam.: Colaminadora
- Empac.: Empacotadora
- Sac.: Estoque de sacarias

Fonte: Autores (2021).

O desenho do *layout* futuro foi desenvolvido através do *software* AutoCAD, utilizando as reais medidas dos maquinários e do galpão. Posto isso, as distâncias foram estimadas através das cotas presentes no *software*, as quais não foram disponibilizadas nas Figuras 21 e 34.

De acordo com o *layout* futuro exposto na Figura 34, obteve-se ganhos reais de movimentação e tempo referente aos processos de pré-corte e picote.

Os potenciais ganhos estão descritos na Tabela 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Variação de movimentação do percurso A

Distância percorrida (metros)		
Caminho	Layout atual	Layout futuro
Caminho 1	22	22,0
Caminho 2	8,3	2,0
Caminho 3	6,9	3,0
Caminho 4	3,4	3,5
Caminho 5	3,4	3,5
Caminho 6	57,1	60,0
Distância total	101,1	94,0

Fonte: Autores (2021).

A Tabela 5 refere-se ao percurso A do processo de pré-corte. Nesse percurso a distância total percorrida foi de 101,1 metros, e com a mudança no *layout*, obteve-se uma redução de aproximadamente 7%, resultando assim, em uma distância total de 94 metros.

Tabela 6 – Variação de movimentação do percurso B

Distância percorrida (metros)		
Caminho	Layout atual	Layout futuro
Caminho 1	22,0	22,0
Caminho 2	27,5	5,0
Caminho 3	7,6	3,0
Caminho 4	2,1	3,5
Caminho 5	3,4	3,5
Caminho 6	57,1	60,0
Distância total	119,6	97,0

Fonte: Autores (2021).

A Tabela 6 trata-se do percurso B do processo de pré-corte, onde as movimentações foram mais otimizadas do que a do percurso A. Com o *layout* atual da empresa, a distância total percorrida é de 119,6 metros, já com a alteração do *layout*, houve uma redução de aproximadamente 19%, obtendo assim uma distância de 97 metros.

Tabela 7 – Variação de movimentação do percurso único

Distância percorrida (metros)		
Caminho	Layout atual	Layout futuro
Caminho 1	20,6	5,0
Caminho 2	16,5	4,0
Caminho 3	6,9	2,0
Caminho 4	7,6	3,5
Caminho 5	10,3	9,5
Caminho 6	3,4	3,4
Caminho 7	30,9	35,0
Distância total	96,3	62,4

Fonte: Autores (2021).

Na Tabela 7 por sua vez, estão expostas as métricas referentes ao percurso único do processo da picotadeira. Nesse caso, obteve-se uma redução de movimentação de aproximadamente 35%, onde a distância atual é de 96,3 metros e, com a mudança do *layout*, passaria a ser de 62,4 metros.

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista um mundo globalizado onde as empresas buscam incessantemente por melhorias na eficiência dos processos produtivos, assim como nos produtos e/ou serviços para satisfazer cada vez mais as necessidades do cliente, e por fim ganhar espaço dentro do segmento que atuam, é imprescindível que desperdícios sejam identificados, e posteriormente, reduzidos ou eliminados.

Por consequência, os custos advindos dos desperdícios são minimizados, aumentando a competitividade da empresa, por meio da otimização dos recursos que resultam em mais vendas, e por fim, maximização dos lucros.

Posto isso, o objetivo do presente trabalho era desenvolver um plano de ação para melhoria dos processos de produção de uma empresa fabricante de embalagens industriais, por meio da abordagem *Lean Manufacturing*, voltada para a eliminação de desperdícios. Com base no objetivo geral, foram definidos como objetivos específicos:

1. Elaborar o MFV atual do processo produtivo da empresa;
2. Identificar os desperdícios que ocorrem no processo;
3. Elaborar o MFV futuro do processo produtivo da empresa;
4. Identificar quais ferramentas do *Lean* podem ser usadas para resolver esses desperdícios;
5. Propor um plano de ação para a empresa;
6. Levantar quais melhorias podem ser obtidas por meio do plano de ação.

Por meio do mapeamento de fluxo de valor (MFV), foi evidenciada a presença de oportunidades de melhorias capazes de reduzir os desperdícios de espera, processamento, estoque e superprodução, presentes nos dois processos em estudo, assegurando à empresa maior competitividade e eficiência.

O diagrama de espaguete por sua vez, evidenciou o desperdício de movimentação que não havia sido contemplado pelo MFV, resultando em uma das propostas de soluções presentes no trabalho, a alteração do *layout* do chão de fábrica.

Uma vez identificados os desperdícios, foi elaborado um plano de ação conjunto que viabilizasse a redução dos 5 desperdícios previamente expostos no trabalho. O plano de ação consiste na aplicação do *kaizen* nos estoques intermediários, uso da metodologia 5S, desenho do *layout* futuro, balanceamento de

operadores, implementação do sistema de cartões *kanban*, aplicação do *kaizen* de processos, realocação do operador para novas atividades, fabricação de bobinas com 1,6 metros de altura, aquisição e alocação de uma picotadeira na saída da extrusora, mudança do sistema empurrado para um sistema puxado, criação de supermercados entre as estações de trabalho, criação da área de PCP, utilização da ferramenta *heijunka*, nivelamento do *takt time* e difusão da filosofia JIT.

Com base nas ações propostas, o trabalho apresentou um estado ideal dos processos estudados, representados pelo mapa de fluxo de valor futuro, sendo este o responsável por expor as melhorias potenciais a partir da implementação do plano de ação desenvolvido.

Portanto, pode-se concluir que os objetivos traçados para este estudo foram alcançados. Da mesma forma, a questão central da presente pesquisa (Quais desperdícios podem ser detectados nos processos produtivos da Ferpex, por meio de ferramentas do Lean Manufacturing?) também foi respondida.

O plano de ação proposto por meio de aplicação de ferramentas do *Lean* permite a redução do *lead time*, melhor distribuição dos níveis de estoques intermediários, eliminação de movimentações desnecessárias, organização e padronização da manufatura, redução do desgaste físico dos colaboradores, possível realocação de um operador para a realização de novas atividades, redução do tempo de *setup* da serra horizontal, redução do tempo de ciclo e de *setup* da serra vertical, eliminação de atividades que não agregam valor, lotes padronizados, produção enxuta, cultura do JIT, eliminação da ociosidade, e por consequência, a redução dos desperdícios.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARAÚJO, F. D. **Aplicação do método pdca para solução de problemas: estudo de caso em uma alimentícia no triângulo mineiro**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37. 2017, Joinville. Joinville: Enegep, 2017. p. 12 - 27. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_386_31396.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2021.

ARENA, K. D. *et al.* Método 5S: uma abordagem introdutória. **Revista Científica Eletrônica de Administração**, ano 11, n. 19, p.1-11, jan. 2011.

ARRUDA, J. R. C. **Políticas & Indicadores de Qualidade na Educação Superior**. Rio de Janeiro: Qualitymark/Dunya, 1997.

BORGES, H. F; FERNANDES SOBRINHO, M; SILVA, G. C; SILVA, L. A. D. **Lean manufacturing aplicada à gestão da melhoria de um setor: um estudo de caso**. Humanidades & Tecnologia Em Revista (FINOM) - ISSN: 1809-1628. Ano XIII, vol. 19- Ago-Dez 2019.

BEZERRA, F. D. **Ciclo PDCA: Do conceito à aplicação**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 24 mai. 2021.

BORCZ, A. **Proposta e implantação de melhorias em uma empresa do setor metalúrgico, com base nos conceitos de manufatura enxuta**. 2003. Monografia –

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tecnologia em Gestão da Manufatura, Curitiba, 2003

CAFFYN, S. **Development of a continuous improvement selfassessment tool.** International Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 1, p. 1138-1153, 1999.

CAMPOS, R. *et al.* **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total.** Simpep – SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., Bauru, 7-9 nov. 2005.

CASSETTARI, A.; PEDROSO, M.; CASSETTARI, E. **Obtenção de melhoria contínua através da gestão de indicadores.** V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, Belo Horizonte, 2009.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. C et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2.ed. - Rio de Janeiro; Elsevier: ABEPRO, 2010.

CHING, H. Y; DUARTE, A; RIEG, D. L; SCRAMIM, F. C. L. **Administração da Produção e Operações: uma abordagem inovadora com desafios práticos.** 1. ed. São Paulo: Empreende, 2019. v. 1. 144p.

CONSULENZA, E. **Manual de Redução de SETUP,** São Paulo, Efeso, 1999.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G.N. **Just in Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico.** 2.ed. 15 reimpr. São Paulo: Atlas, 1993.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. Lean healthcare: aplicação do diagrama de espaguete em uma unidade de emergência. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos: UFSCar, 2016. 141 p.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. São Paulo: Bookman, 2008.

DEVERAS, A. M. **Proposta de Implementação do Lean Manufacturing em indústrias de pequeno porte**. 79f. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, 2019.

ELIAS, S. J. B; OLIVEIRA, M. M.; TUBINO, D. F. **Mapeamento do fluxo de valor**: um estudo de caso em uma indústria de gesso. Revista ADMpg Gestão Estratégica. 2011, v.4, n.1.

FAVERI, F. **Identificação dos Desperdícios em um Serviço de Emergência com a Utilização da Metodologia Lean Thinking**. Dissertação (Mestrado). Universidade Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/00000c/00000c03.pdf>>. Acesso em Jun. 2021.

FERNANDES, D. R. Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial. **Revista da FAE**, Curitiba, v.7, n.1, p.1-18, jan./jun. 2004

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. **Revista Gestão & Produção**, v. 14, n. 2, 2007.

FRANCISCHINI, A. S. N; FRANCISCHINI, P. G. **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação - Métodos para elaborar KPIs e obter resultados**. Rio de Janeiro: Alta books, 2017.

GONZALEZ, R.; MARTINS, M. **Competências habilitadoras da melhoria contínua: estudo de casos em empresas do setor automobilístico e de bens de capital**. São Carlos, SP. Gestão & Produção, 2015.

GHINATO, P. **Elementos para a compreensão de princípios fundamentais do Sistema Toyota de Produção: Automação e Zero Defeitos**. Dissert. Mestrado PPGE/UFGRS, Porto Alegre, 1994.

GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Production [online]**. 1995, v. 5, n. 2 [Acessado 31 Maio 2021], pp. 169-189. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>>. Epub 27 Out 2010. ISSN 1980-5411. <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>

GROUT, J. R.; TOUSSAINT, J. S. Mistake-proofing healthcare: why stopping processes may be a good start. **Business Horizons**, v. 53, n. 2, p. 149-156, March-April, 2010.

GROUT, J. R.; TOUSSAINT, J. S. (2010) **Mistake-proofing healthcare**: why stopping processes may be a good start. **Business Horizons**, v. 53, n. 2, p. 149-156, March-April.

Hines, P.; Taylor, D. **Manufatura Enxuta**. São Paulo: IMAM, 2000.

HIRATA, H. S. (org.). **Sobre o modelo japonês: automatização, novas formas de organização e de relações de trabalho**. São Paulo: Edusp. 1993.

HOLWEG, M. **The genealogy of lean production.** Journal of Operations Management, v. 25, n. 2, p. 420-437, mar 2007.

JIPM - Japan Institute Plant Maintenance. São Paulo, **Apostila IMC – Curso de Facilitadores TPM – IMC Internacional**, 2000.

LAGE JUNIOR, M; GODINHO FILHO, M. Adaptações ao sistema *kanban*: revisão, classificação, análise e avaliação. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 173-188, Apr., 2008. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104530X2008000100015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 de maio de 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000100015>.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Lean Thinking.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.lean.org.br/perguntas_frequentes.aspx>. Acesso em: 16 abr. 2021.

LIKER, J,K.; HILL, Mc. **The Toyota way 14 management principles from the world's greatest.** Madison, WI: CWL Publishing Enterprises, Inc., 2004.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUBBEN, Richard T. **Just-in-Time - Uma Estratégia Avançada de Produção.** São Paulo, McGraw-Hili, 1989.

MARKETING DE CONTEÚDO. **O que é KPI: Descubra como ele ajuda a medir os seus resultados, 2015.** Disponível em: <https://marketingdeconteudo.com/kpi>.

Acesso em: 26 mai. 2021.

MIRSHAWKA, V; OLMEDO, N. L. **MANUTENÇÃO - Combate aos custos da não-eficácia: a vez do brasil**, Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1993.

Da Fonseca, A. V., & Miyake, D. I. (2006). **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade.** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção Toyota.** São Paulo, IMAM, 1984.

MOURA, R. **Kanban: a simplicidade do controle da produção.** 2.ed. São Paulo: IMAM, 1999.

MPSP - MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO: **Manual de Indicadores de Desempenho**, 2017. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Centro_de_Gestao_Estrategica/ManualIndicadores.pdf. Acesso em: 26 mai. 2021.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PADOVEZE, C. L. **Planejamento Orçamentário.** 2 ed. São Paulo; Cengage Learning, 2010.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI): Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. Hoboken: Wiley, 2007.

PHILLIPS, J.; SIMMONDS, L.. **Change management tools 3: use of process mapping in servisse improvement**. *Nursing Times*. V. 109 n. 17/18, p. 24-26, 2013.

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F.; ARAÚJO, C. A. C. **Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real**. In: Encontro Nacional em Engenharia de Produção, 24, Florianópolis, 2004.

QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas, Universidade de Taubaté. Taubaté, 2002.

RECH, G. **A transparência de processos como princípio para a troca rápida de ferramentas: a experiência de uma metalurgia**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Produção. UFRGS, 13 dez. 2004.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso: O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson**. Tese de Engenharia de Produção - Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF / Minas Gerais, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute, 1999.

SENAI. **O que é o MFV (Mapa de Fluxo de Valor)?** 2020.

SERENO, B. *et al.* Método híbrido CONWIP/KANBAN um estudo de caso. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 18, n. 3, p. 651-672, 2011. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2011000300015&lng=en&nrm=iso>. access on 23 May 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000300015>.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: Quatro Revoluções na Gestão da Qualidade**. Ed. Bookman, 1997.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: o ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SMALLEY (2004), A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção Lean**. São Paulo, SP: Engep.

SUGAI, M; MCINTOSH, RICHARD, I; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão & Produção [online]**. 2007, v. 14, n. 2 [Acessado 31 Maio 2021], pp. 323-335. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>>. Epub 28 Set 2007. ISSN 1806-9649. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>.

*SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. USA, Portland: Productivity Press, 1994.*

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - BRASIL. **Técnicas de Auditoria: Indicadores de Desempenho e Mapa de Produtos**. Brasília: TCU, Coordenadoria de Fiscalização e Controle, 2000.

*VENKATESH (2005), J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. The Plant Maintenance Resource Center: Productivity Press.*

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma. Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P, JONES, DT, ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rawson Associates, New York, USA, 1990.

*WOMACK, J. P.; JONES, D. T; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.*

Yin, R. K. (2005). **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre, RS: Bookman.