

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EVANDRO FERREIRA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DE UMA INDÚSTRIA DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO – UM ESTUDO DE CASO**

PATO BRANCO - PR

2023

EVANDRO FERREIRA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DE UMA INDÚSTRIA DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO – UM ESTUDO DE CASO**

Value stream mapping of a distribution transformers industry – a case study

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

PATO BRANCO - PR

2023



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

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

EVANDRO FERREIRA DA SILVA

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DE UMA INDÚSTRIA DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO – UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01/12/2023

Gilson Adamczuk Oliveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paulo Cezar Adamczuk
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Gonçalves Trentin
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO - PR

2023

Dedico esse trabalho a minha família, pessoas que amo incondicionalmente, que ao longo dessa jornada me deram todas as forças necessárias para a realização desse sonho, com muito incentivo e apoio, dando suporte em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter proporcionado saúde e sabedoria para superar as dificuldades permitindo concluir esse ciclo em minha vida.

A minha mãe que me proporcionou tudo o que eu precisava durante esse período para chegar até aqui, sem medir esforços.

A minha esposa Paola que sempre me apoiou.

Aos amigos de curso Everton Bazarim, Lucas Rigo e Guilherme Mori pelo companheirismo prestado nesse período.

Ao meu orientador Gilson Adamczuk Oliveira que auxiliou e orientou nessa fase final de graduação.

A todos os professores que no decorrer desses anos me ensinaram e me mostraram um caminho a seguir na vida profissional.

Obrigado a Todos!

Custos não existem para ser calculado. Existem
custos a serem reduzidos.
Taiichi Ohno

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Os 7 desperdícios do Lean.....	19
FIGURA 2 As 7 etapas do Kaizen.....	20
FIGURA 3 As etapas do 5S.....	24
FIGURA 4 Poka – Yoke.....	26
FIGURA 5 Simbologia MFV.....	29
FIGURA 6 Função de cada especialista no MFV	34
FIGURA 7 Mapa de Fluxo de Valor – Estado Atual.....	40
FIGURA 8 Takt Time – Atual por peça.....	42
FIGURA 9 Produção “Peças” dia por posto de trabalho – Atual	42
FIGURA 10 Plano de ação MFV.....	44
FIGURA 11 Mapa de Fluxo de Valor – Estado Futuro.....	45
FIGURA 12 Takt Time Futuro.....	46
FIGURA 13 Quantidade de peças dia por posto de trabalho.....	46
FIGURA 14 Takt Time Atual x Estado Futuro.....	48
FIGURA 15 Peças produzidas atualmente x Futuro.....	49

LISTA DE SIGLAS

VAA - Valor Agregado Ativo

NVAA - Não Valor Agregado Ativo

NVAA-N - Não Valor Agregado Não Ativo

MFV - Mapeamento do Fluxo de Valor

STP - Sistema Toyota de Produção

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso realiza uma revisão bibliográfica sobre o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e sua aplicação em contextos industriais, detalhando o processo produtivo, identificando gargalos e oportunidades de melhoria, o estudo tendo como foco específico uma indústria de transformadores. Através de um estudo de caso, busca-se compreender o processo produtivo deste segmento industrial e identificar pontos de eficiência e áreas para otimização. No referencial teórico-metodológico, foram consultadas fontes variadas, como livros, artigos acadêmicos, publicações técnicas e relatórios de pesquisa. A metodologia envolveu visitas ao chão de fábrica, observações, diálogo com supervisores e operadores de linha, além da construção de representações visuais do fluxo de valor. Como resultado, foi possível discernir atividades de Valor Agregado Ativo (VAA), Não Valor Agregado Ativo (NVAA) e Não Valor Agregado Não Ativo (NVAA-N) aumentado a produção em 28%. Essa análise proporcionou *insights* valiosos sobre a eficiência das operações, revelando oportunidades para a eliminação de desperdícios, aumento de produtividade e melhoria na qualidade dos produtos, o que se alinha às tendências da gestão *lean* e às demandas atuais da indústria global.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV); Transformadores de Distribuição; Otimização.

ABSTRACT

This course completion work carries out a bibliographical review on Value Stream Mapping (MFV) and its application in industrial contexts, with a specific focus on the transformer industry. Through an in-depth case study, we seek to understand the production process of this industrial segment and identify points of efficiency and areas for optimization. In the theoretical-methodological framework, varied sources were consulted, such as books, academic articles, technical publications and research reports. The methodology involved visits to the factory floor, observations, interviews with supervisors and line operators, in addition to the construction of visual representations of the value stream. As a result, it was possible to discern Active Value Added (VAA), Non-Active Value Added (NVAA) and Non-Active Non-Value Added (NVAA-N) activities, increasing production by 28%. This analysis provided valuable insights into the efficiency of operations, revealing opportunities to eliminate waste, increase productivity and improve product quality, which aligns with lean management trends and the current demands of the global industry.

Keywords: Value Stream Mapping (MFV); Distribution Transformers; Optimization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.1	Objetivos específicos.....	14
1.2	Justificativa.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Sistemas de produção	16
2.2	<i>Lean manufacturing</i>	17
2.3	Desperdícios <i>lean</i>.....	17
2.4	Ferramentas lean.....	19
2.4.1	Kaizen	19
2.4.2	Kanban	21
2.4.3	Padronização	22
2.4.4	5S	23
2.4.5	SMED	25
2.4.6	Poka-Yoke	26
2.4.7	Mapeamento do Fluxo de Valor.....	27
<u>2.4.7.1</u>	<u>Simbologia do Mapeamento de Fluxo de Valor.....</u>	<u>28</u>
<u>2.4.7.2</u>	<u>Família de produtos.....</u>	<u>29</u>
<u>2.4.7.3</u>	<u>Mapear estado atual.....</u>	<u>30</u>
<u>2.4.7.4</u>	<u>Mapear estado futuro</u>	<u>31</u>
<u>2.4.7.5</u>	<u>Definir plano de ações.....</u>	<u>31</u>
3	METODOLOGIA	33
3.1	Caracterização da pesquisa	33
3.2	Procedimentos.....	34
3.3	Análise de dados	35
3.4	Método MFV	36
4	RESULTADOS.....	38
4.1	Descrição da empresa	38
4.2	Mapeamento do fluxo de informações	38
4.3	Desenho do mapa atual	40
4.4	Plano de ações	43
4.5	Desenho do mapa futuro	44
4.6	Análise comparativa.....	47

5 CONCLUSÃO	50
 REFERÊNCIAS	52
 ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.....	56

1 INTRODUÇÃO

O estudo do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) envolveu a utilização de ferramentas visuais para ilustrar o fluxo de produção e, crucialmente, identificar os pontos de VAA, NVAA e NVAA-N. A combinação da observação prática com a interação direta permitiu não apenas o mapeamento acurado do processo, mas também a descoberta de ineficiências e áreas de melhoria. A análise subsequente dos dados coletados foi confrontada com a literatura estudada, para criar representações visuais do fluxo de valor.

O estudo proporcionou uma compreensão aprofundada do processo produtivo da fabricação de transformadores de distribuição. Através do MFV, foi possível destacar tanto as eficiências quanto as áreas que necessitam de otimização. A abordagem metodológica adotada ofereceu uma perspectiva holística do processo produtivo da empresa, iluminando oportunidades para aprimorar a produção com base na distinção entre atividades que agregam ou não valor ao produto final.

A indústria de transformadores de distribuição desempenha um papel crucial na infraestrutura energética de qualquer nação, garantindo que a energia seja convertida e distribuída eficientemente para variados setores e consumidores. Como uma empresa proeminente no setor, tem se destacado por sua qualidade e eficiência na produção. No entanto, como qualquer indústria em constante evolução, há sempre espaço para otimização e aprimoramento de processos produtivos. O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) surge como uma ferramenta poderosa para identificar atividades que agregam valor e aquelas que podem ser melhoradas ou eliminadas (VANZELLA *et al.*, 2023).

Dentro deste contexto, a aplicação do MFV em empresas de manufatura, pode proporcionar *insights* significativos sobre a eficiência de suas operações. A metodologia permite um exame detalhado das atividades produtivas. Assim, através do mapeamento, a empresa pode reestruturar suas operações para eliminar desperdícios, reduzir custos, aumenta a produtividade e melhorar a qualidade geral de seus produtos.

A indústria global, incluindo a de transformadores, tem enfrentado desafios crescentes relacionados à sustentabilidade, competitividade e demanda do consumidor por produtos de alta qualidade a preços acessíveis. Em resposta a esses desafios, muitas empresas têm buscado ferramentas e técnicas de gestão *lean* para

melhorar seus processos. Nesse sentido, ao adotar o MFV, estaria não apenas se alinhando às melhores práticas da indústria, mas também preparando sua infraestrutura para enfrentar futuros desafios do setor (SANTANA *et al.*, 2022).

Além disso, a pesquisa baseada em um estudo de caso em uma empresa de renome, proporciona uma oportunidade única de observar e documentar a aplicação prática do MFV em um ambiente real e complexo. Os *insights* obtidos deste estudo poderiam ser valiosos não apenas para a própria empresa, mas também para outras organizações do setor que buscam otimizar seus processos produtivos (SALGADO *et al.*, 2019).

Dada à importância dos transformadores de distribuição na matriz energética e a crescente necessidade de eficiência e inovação no setor, justifica-se plenamente um estudo que explore o potencial do Mapeamento do Fluxo de Valor. Através desta pesquisa, espera-se contribuir significativamente para a literatura acadêmica e prática da gestão industrial, enquanto se oferece à empresa em estudo uma visão estratégica para fortalecer ainda mais sua posição no mercado (VANZELLA *et al.*, 2023).

1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise detalhada do processo produtivo de uma indústria de transformadores de distribuição, empregando a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor.

1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre *lean manufacturing* e ferramentas *lean*;
- Elaborar o mapa de fluxo de valor do estado atual;
- Elaborar plano de ação;
- Elaborar o mapa de fluxo de valor do estado futuro;
- Aumentar a capacidade de produção.

1.2 Justificativa

A indústria de transformadores de distribuição é um pilar fundamental na infraestrutura energética de uma nação, assegurando que a energia seja adequadamente convertida e distribuída a diversos setores e consumidores finais. Em um cenário globalizado, onde a eficiência produtiva e a qualidade são exigências intransigentes, otimizar os processos torna-se uma necessidade imperativa. O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) tem emergido como uma ferramenta promissora no cenário industrial para identificar áreas de melhoria, eliminar desperdícios e maximizar o valor agregado (SALGADO *et al.*, 2019).

Dentro deste panorama, uma pesquisa voltada para o MFV na indústria de transformadores de distribuição não é apenas oportuna, mas crucial. Estudos anteriores, embora tenham explorado as aplicações do MFV em diferentes contextos industriais, ainda deixam uma lacuna no que diz respeito a esta indústria específica, que possui suas particularidades e desafios únicos. Um estudo de caso detalhado pode proporcionar *insights* profundos, contribuindo significativamente para a literatura existente e fornecendo diretrizes práticas para empresas do setor (SANTOS *et al.*, 2012).

Além disso, o cenário energético global está em constante evolução, com demandas crescentes por energia, sustentabilidade e inovação tecnológica. No centro desse ecossistema, os transformadores de distribuição desempenham um papel vital. Assim, justifica-se plenamente um estudo que explore o potencial do MFV neste contexto, buscando não apenas contribuições acadêmicas, mas também soluções pragmáticas que possam ser implementadas na indústria para enfrentar os desafios contemporâneos e futuros (VANZELLA *et al.*, 2023).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica proposta, foi realizada uma pesquisa aplicada dos sistemas de produção contemporâneos. Inicialmente, será discutido o conceito geral de sistemas de produção e sua evolução histórica. Posteriormente, o foco se voltará ao Sistema Toyota de Produção, precursor de práticas modernas e que revolucionou a indústria automobilística e, posteriormente, diversos outros setores. A partir dessa base, será explorado o *Lean Manufacturing*, uma filosofia de gestão que busca maximizar a eficiência, minimizando desperdícios.

Dentro desse contexto, serão analisados uma série de ferramentas e práticas específicas, como Kaizen (melhoria contínua), Kanban (sistema visual de controle de produção), Padronização, 5S (organização e padronização de local de trabalho), SMED (troca rápida de ferramentas), Poka-Yoke (prevenção de erros) e Mapeamento do Fluxo de Valor, com subtemas que detalham sua simbologia, abordagem para famílias de produtos, mapeamento de estados atual e futuro e a definição de planos de ação. Este estudo propõe uma compreensão holística e integrada das abordagens modernas em sistemas de produção.

2.1 Sistemas de produção

Sistemas de produção representam o conjunto de operações e processos pelos quais os recursos são transformados em produtos ou serviços. Esses sistemas são cruciais para determinar a eficiência, qualidade e lucratividade de qualquer organização industrial ou de serviços. Embora existam diversos sistemas de produção, todos têm o objetivo comum de otimizar o uso de recursos, minimizar desperdícios e atender às demandas do mercado de forma eficaz (ANTUNES,2009).

Para Perales (2001) ao longo da história, diferentes modelos de sistemas de produção emergiram em resposta a necessidades específicas de mercado e avanços tecnológicos. O sistema artesanal, por exemplo, caracterizou-se pela produção manual e personalizada. Nele, o artesão detinha o controle de todo o processo produtivo, desde a seleção de materiais até a venda do produto final. No entanto, com a Revolução Industrial no século XIX, o sistema de produção em massa se tornou predominante, possibilitando a fabricação de grandes quantidades de produtos padronizados em linhas de montagem.

A produção em massa, embora eficaz em termos de volume, apresentou desafios em relação à flexibilidade e personalização. Isso levou ao desenvolvimento do sistema de produção enxuta no século XX, inspirado principalmente pelas práticas da Toyota. O foco desse sistema é eliminar desperdícios, melhorar continuamente os processos e responder rapidamente às mudanças na demanda do mercado. A tecnologia desempenha um papel crucial na evolução dos sistemas de produção. A automação, por exemplo, permitiu a substituição de tarefas manuais repetitivas por máquinas, aumentando a precisão e a eficiência. Além disso, o advento da Indústria 4.0, com a integração da Internet das Coisas (IoT) e da inteligência artificial, está revolucionando os sistemas produtivos, permitindo uma produção mais conectada, inteligente e ágil (FEIDEN et al., 2002).

2.2 Lean manufacturing

Lean Manufacturing, ou Manufatura Enxuta, é uma metodologia de gestão focada na redução de desperdícios enquanto busca a máxima eficiência nos processos produtivos. Originária do Sistema Toyota de Produção, essa abordagem tem como objetivo principal entregar valor ao cliente, utilizando o mínimo de recursos possíveis, sejam eles materiais, humanos ou financeiros. A filosofia *Lean* se concentra em identificar e eliminar atividades que não agregam valor, sendo estas frequentemente categorizadas em termos de excessos: de produção, de estoque, de movimento, entre outros (DAVIS, 2015).

Segundo Lima e Loos (2017) no coração do Lean Manufacturing está a ideia do "fluxo contínuo". Ao otimizar a sequência de atividades em uma linha de produção, as organizações podem reduzir atrasos e interrupções, garantindo que um produto ou componente se mova suavemente de uma etapa para a próxima. Esse conceito contrasta com abordagens tradicionais de produção em lotes e tem o potencial de reduzir significativamente os tempos de ciclo.

2.3 Desperdícios lean

No universo da Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, o conceito de desperdício é central. Os desperdícios são definidos como todas as atividades que consomem recursos, mas não agregam valor ao produto final do ponto de vista do

cliente. Identificar e eliminar esses desperdícios é fundamental para otimizar processos, reduzir custos e entregar produtos e serviços de forma mais eficiente. Um dos desperdícios mais evidentes é o de superprodução. Produzir mais do que a demanda imediata pode resultar em armazenamento excessivo, custos adicionais e riscos de obsolescência. Além de consumir recursos desnecessariamente, a superprodução pode mascarar problemas no processo produtivo, uma vez que as falhas muitas vezes só são reveladas quando se opera com lotes mais enxutos (CARELLI, 2016).

Como bem coloca Oliveira (2017) o desperdício de espera, que envolve tempos ociosos e atrasos no processo, é outro aspecto crítico. Em um ambiente produtivo, sempre que uma máquina ou um operador está à espera, ocorre uma interrupção no fluxo de trabalho. Tais interrupções não apenas atrasam a entrega do produto, mas também representam um uso ineficiente de recursos. Já o desperdício de transporte refere-se ao movimento desnecessário de materiais ou produtos entre processos. Movimentos excessivos podem resultar em danos aos produtos, uso adicional de energia e tempo perdido. Em sistemas enxutos, a ênfase está em simplificar e otimizar os *layouts* de fábrica para minimizar tais movimentações.

O desperdício de processamento excessivo ocorre quando operações que não agregam valor são executadas. Isso pode ser resultado de designs de produto mal concebidos, ferramentas inadequadas ou simplesmente processos herdados que nunca foram analisados criticamente. Eliminar etapas desnecessárias pode resultar em processos mais rápidos e produtos de maior qualidade. O inventário excessivo é outro desperdício identificado no *Lean*. Estocar mais produtos ou componentes do que o necessário pode amarrar capital, consumir espaço e, em alguns casos, resultar em deterioração ou obsolescência. O princípio do "*just-in-time*" visa combater esse desperdício, produzindo apenas o necessário e no momento certo (OLIVEIRA, 2017).

FIGURA 1 – Os 7 desperdícios do Lean



FONTE: Projep (2023)

Para Ikari (2020) os movimentos desnecessários dos operadores, frequentemente causados por layouts de trabalho ineficientes, são também fontes de desperdício. Estes podem resultar em fadiga, lesões e ineficiência no trabalho. O foco deve ser na ergonomia e na minimização de movimentos repetitivos ou desnecessários. Por fim, a produção de produtos defeituosos é talvez o desperdício mais direto. Corrigir ou reprocessar um item defeituoso consome tempo, materiais e esforço. Além disso, produtos defeituosos podem prejudicar a reputação de uma empresa. Portanto, a ênfase no *Lean* é a identificação e correção de problemas na fonte, garantindo que os defeitos não se propaguem pelo sistema.

2.4 Ferramentas lean

Segundo De Castro *et al.*, (2019) as ferramentas *Lean* são técnicas estratégicas utilizadas para otimizar processos, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência em diferentes setores produtivos. Originadas no Sistema Toyota de Produção, essas ferramentas auxiliam na identificação e eliminação de desperdícios, promovendo um ambiente de produção mais enxuto e eficaz.

2.4.1 Kaizen

O Kaizen é uma filosofia japonesa que enfatiza a melhoria contínua nos processos organizacionais e pessoais. O termo, que literalmente se traduz como "mudança para melhor", tem sido um pilar no mundo dos negócios e da manufatura,

particularmente no contexto da Manufatura Enxuta. Através do Kaizen, empresas buscam constantemente aprimorar suas operações, independentemente de existirem problemas aparentes ou não. A essência do Kaizen não se restringe apenas a grandes inovações, mas abraça a ideia de que pequenas e incrementais melhorias, quando realizadas de forma consistente, podem ter um impacto significativo a longo prazo. Diferentemente de abordagens que focam em revisões radicais ou reestruturações completas, o Kaizen incentiva uma mentalidade de aperfeiçoamento diário (DE ARAUJO, 2006).

Essa filosofia envolve todos os membros de uma organização. Em vez de isolar a responsabilidade da melhoria a uma equipe ou departamento específico, o Kaizen defende que cada indivíduo, independentemente de sua posição ou função, tem um papel crucial na identificação e implementação de melhorias. Isso fomenta um ambiente colaborativo e uma cultura organizacional voltada para o aperfeiçoamento constante. O Kaizen também enfatiza a importância da prática e da ação. Em vez de longas deliberações ou planejamentos extensos, a ideia é implementar melhorias, testá-las e, com base nos resultados, refiná-las ou adaptá-las conforme necessário. Esse ciclo de "fazer, verificar e ajustar" é fundamental para a abordagem (FONTES, 2017).

FIGURA 2 – As 7 etapas do Kaizen



FONTE: EPR Consultoria (2023)

Uma característica distintiva do Kaizen é a forma como aborda problemas. Em vez de vê-los como falhas, os problemas são considerados oportunidades para melhorar. Quando surgem desafios, em vez de buscar culpados, a ênfase é colocada na compreensão das causas fundamentais e na implementação de soluções. As ferramentas e técnicas associadas ao Kaizen, como os "Cinco Porquês" para determinar a causa raiz de um problema, ou o mapeamento de fluxo de valor para visualizar e otimizar processos, são essenciais para sua aplicação prática. Essas ferramentas permitem que as organizações analisem suas operações de maneira crítica e desenvolvam estratégias para eliminar desperdícios e ineficiências (ALENCAR, 2022).

2.4.2 Kanban

Segundo Boeg (2010) Kanban, originário do Japão, é uma ferramenta de gestão visual que visa otimizar processos produtivos, promovendo uma produção mais eficiente e alinhada à demanda. Sua tradução literal significa "cartão" ou "sinalização", e seu conceito se originou no Sistema Toyota de Produção, como uma resposta aos desafios da gestão de inventário e da produção *just-in-time*. O Kanban, em sua essência, serve como um sistema de sinalização que indica quando, onde e em que quantidade um item deve ser produzido ou movido na cadeia produtiva.

Ao contrário de sistemas de produção baseados em previsões, o Kanban opera com base na demanda real. Isso significa que a produção ou o movimento de itens ocorre apenas em resposta a um sinal específico, geralmente derivado do consumo real de um produto. Tal abordagem visa minimizar excessos de inventário, reduzindo assim os custos associados ao armazenamento e ao risco de obsolescência. O sistema Kanban opera por meio de cartões ou sinalizações digitais, que circulam entre as etapas de um processo. Quando uma etapa do processo consome uma quantidade específica de itens, um cartão Kanban é enviado à etapa anterior para sinalizar a necessidade de reposição. Este mecanismo simples, mas eficaz, garante que cada etapa seja abastecida com os materiais necessários no momento certo, evitando atrasos e paralisações (BOEG, 2010).

A flexibilidade é uma das forças primordiais do Kanban. Adaptável a diversas situações e setores, desde a manufatura até serviços e desenvolvimento de software, essa ferramenta pode ser ajustada para atender às necessidades específicas de cada

organização. Ao fazer isso, as empresas podem garantir que seus processos sejam não apenas eficientes, mas também ágeis e adaptáveis a mudanças. Além de otimizar a produção, o Kanban também promove a transparência. Ao visualizar o fluxo de trabalho e o status das tarefas ou produtos, as equipes podem identificar gargalos, alocar recursos de maneira mais eficaz e tomar decisões informadas rapidamente. Esta visibilidade é particularmente valiosa em ambientes de equipe, onde a comunicação e a coordenação são essenciais (JUNIOR, 2010).

Para Lage (2008), no entanto, para que o Kanban seja eficaz, é crucial que haja um compromisso com a atualização e a manutenção do sistema. Os sinais e os limites definidos, muitas vezes representados pela quantidade de cartões em circulação, devem ser revisados e ajustados regularmente com base nas condições operacionais e na demanda. A adaptabilidade do Kanban tem permitido sua evolução e aplicação em contextos além da manufatura. No desenvolvimento ágil de software, por exemplo, painéis Kanban digitais são utilizados para gerenciar e monitorar o progresso de tarefas, promovendo a entrega contínua e a melhoria do fluxo de trabalho.

2.4.3 Padronização

A padronização é uma ferramenta essencial dentro do conjunto de práticas *Lean*, desempenhando um papel vital na criação de processos eficientes e na entrega consistente de produtos ou serviços de alta qualidade. Em sua essência, a padronização refere-se ao estabelecimento e à adoção de procedimentos ou normas consistentes para realizar tarefas ou operações específicas. Ao estabelecer um padrão, as organizações garantem que as atividades sejam executadas de forma consistente, independentemente do operador ou do momento em que são realizadas (RIANI, 2006).

Como bem coloca Oliveira (2018) no contexto *Lean*, a padronização vai além da simples uniformização. Ela busca otimizar processos, reduzindo variações que possam levar a erros, desperdícios ou ineficiências. Quando um processo é padronizado, ele fornece uma base sobre a qual melhorias contínuas podem ser construídas. Isso porque, uma vez que existe um padrão estabelecido, desvios ou irregularidades tornam-se mais facilmente identificáveis, possibilitando correções rápidas e direcionadas.

Além disso, a padronização facilita a formação e o treinamento de novos membros da equipe. Em vez de cada indivíduo desenvolver sua própria abordagem ou método, os novatos podem aprender e aderir ao padrão estabelecido, garantindo assim que o trabalho seja realizado de forma consistente e alinhada com as expectativas da organização. Isso, por sua vez, pode acelerar a integração de novos funcionários e reduzir o tempo necessário para que eles se tornem totalmente produtivos. A padronização também desempenha um papel crucial na sustentabilidade das melhorias implementadas. Ao adotar padrões, as organizações podem garantir que as otimizações ou mudanças positivas sejam mantidas ao longo do tempo. Isso evita que os processos regressem a estados menos eficientes ou que as melhorias se dissipem devido à falta de consistência (OLIVEIRA, 2018).

De acordo com Perin (2017), no entanto, é importante notar que a padronização, como ferramenta *Lean*, não advoga a rigidez ou a inflexibilidade. Em vez disso, a abordagem *Lean* reconhece que os padrões devem ser revistos e adaptados regularmente para refletir as mudanças nas condições operacionais, nas demandas do mercado ou nas tecnologias disponíveis. Isso garante que os padrões permaneçam relevantes e eficazes em um ambiente empresarial em constante evolução. Também é fundamental que a padronização seja adotada com a participação ativa dos envolvidos no processo. A imposição de padrões de cima para baixo pode resultar em resistência ou falta de adesão. Quando os funcionários participam ativamente do desenvolvimento e revisão dos padrões, eles são mais propensos a entender seu valor e a se comprometer com sua implementação.

2.4.45S

O método 5S, originário do Japão, é uma abordagem sistemática e disciplinada para a organização do local de trabalho. Essa metodologia é centrada em criar ambientes produtivos, eficientes e seguros, tendo como base princípios relativamente simples, porém de grande impacto. Cada "S" do nome representa uma etapa do processo e, em conjunto, eles formam um sistema que promove a ordem, a limpeza e a padronização. O primeiro senso, "*Seiri*", refere-se à seleção e descarte. Envolve a identificação e remoção de itens desnecessários no local de trabalho. A ideia é eliminar qualquer ferramenta, equipamento ou material que não seja essencial

para as operações diárias, o que ajuda a reduzir o desperdício e melhora a eficiência ao garantir que apenas os itens necessários estejam à mão (MANZANO, 2016).

O segundo senso, "*Seiton*", é a organização. Uma vez que os itens desnecessários tenham sido removidos, os restantes são organizados de maneira lógica e sistemática. Isso pode envolver a criação de áreas designadas para certos equipamentos ou a utilização de etiquetas e sinalizações para garantir que tudo tenha um "lugar certo". A intenção é facilitar a recuperação e o retorno dos itens, reduzindo assim o tempo perdido na busca de ferramentas ou materiais. O senso "*Seiso*", ou limpeza, é o terceiro passo. Este não se refere apenas à limpeza superficial, mas à manutenção regular do ambiente de trabalho para garantir que ele permaneça limpo e organizado. Ao manter o local de trabalho limpo, é mais fácil identificar anomalias, como vazamentos ou desgastes, que podem ser precursores de problemas maiores (LINDO, 2015).

FIGURA 3 – As etapas do 5S



FONTE: EPR Consultoria (2023)

Segundo Ramírez (2016) o quarto senso, "*Seiketsu*", implica padronização. Significa desenvolver procedimentos e normas para manter os três primeiros S's. Ao estabelecer práticas padrão, as empresas podem garantir que os esforços de organização, limpeza e descarte sejam consistentes e sustentáveis. Este passo é

crucial para garantir que as melhorias alcançadas com o 5S sejam mantidas a longo prazo. Por fim, "*Shitsuke*", ou disciplina, refere-se à criação de uma cultura onde os princípios do 5S são seguidos rigorosamente. Essa fase enfatiza a importância da formação contínua, da avaliação regular e da aderência estrita aos padrões estabelecidos. Mais do que simplesmente seguir as regras, "*Shitsuke*" é sobre cultivar uma mentalidade onde a ordem, a limpeza e a eficiência são valores intrínsecos.

2.4.5 SMED

Para Karam (2018) o conceito de SMED, que significa "*Single Minute Exchange of Die*" (troca de ferramenta em um único minuto), foi desenvolvido por Shigeo Shingo no contexto do Sistema Toyota de Produção. Trata-se de uma metodologia projetada para reduzir drasticamente o tempo necessário para completar as trocas de equipamentos ou ferramentas em processos produtivos. O objetivo principal do SMED é minimizar as interrupções na produção, permitindo que as operações sejam mais flexíveis e possam responder rapidamente às demandas do mercado.

A premissa do SMED é que as trocas de ferramentas e equipamentos, muitas vezes consideradas demoradas e complexas, podem, de fato, ser simplificadas e aceleradas. Shingo argumentou que a maioria das atividades associadas a essas trocas podem ser categorizadas em duas: internas, que são realizadas quando a máquina está parada, e externas, que podem ser executadas enquanto a máquina ainda está operando. Ao distinguir e analisar essas atividades, as empresas podem identificar oportunidades de transferir o máximo de tarefas possível da categoria interna para a externa, reduzindo assim o tempo total de parada da máquina. Em sua essência, o SMED não é apenas sobre acelerar a troca física de uma ferramenta ou matriz. É um processo que requer uma análise detalhada de todas as etapas envolvidas, desde a preparação e o transporte de equipamentos até a calibração e o ajuste final. Essa análise permite que as empresas identifiquem ineficiências, desperdícios e áreas de melhoria potencial (MALI, 2012).

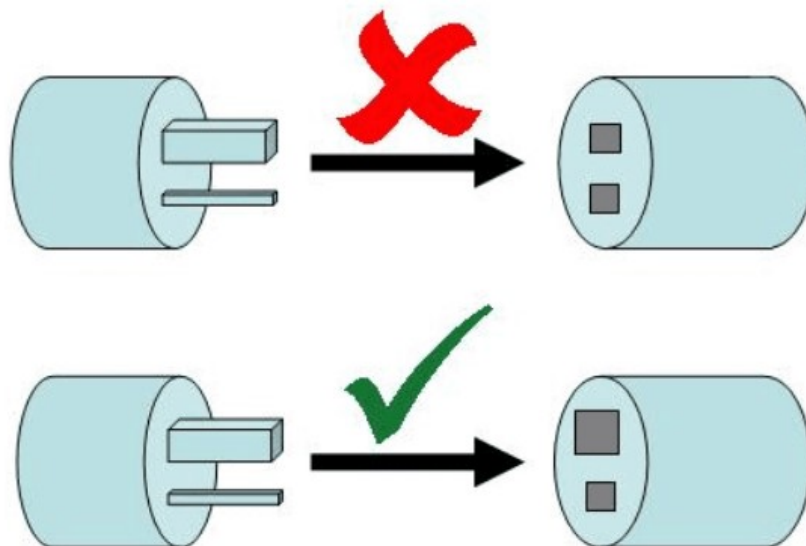
A implementação bem-sucedida do SMED traz vários benefícios. Primeiramente, ao reduzir o tempo de troca, as empresas podem produzir em lotes menores, o que, por sua vez, diminui os níveis de estoque e os custos associados. Essa capacidade de produzir pequenos lotes com eficiência é especialmente valiosa

em mercados caracterizados por demandas variáveis ou onde a personalização é valorizada. Além disso, ao minimizar as interrupções na produção, o SMED pode aumentar significativamente a utilização de equipamentos, levando a uma maior capacidade produtiva sem a necessidade de investimentos significativos em novos equipamentos. Isso, combinado com a capacidade de responder rapidamente às mudanças nas demandas dos clientes, pode conferir uma vantagem competitiva significativa (SABADKA, 2017).

2.4.6 Poka-Yoke

O termo "Poka-Yoke", de origem japonesa, refere-se a um conceito desenvolvido como parte das práticas de produção *Lean*, particularmente no Sistema Toyota de Produção. Essencialmente, "Poka-Yoke" é um mecanismo ou procedimento projetado para prevenir erros antes que eles ocorram ou para destacar imediatamente quaisquer irregularidades, antes que se transformem em defeitos mais significativos. O termo pode ser traduzido como "à prova de erros", sublinhando sua principal intenção: evitar erros humanos no processo de produção (REWERS, 2016).

FIGURA 4 – Poka – Yoke



FONTE: Voitto (2023)

Shigeo Shingo, uma figura proeminente no desenvolvimento das práticas de fabricação *Lean*, foi influente na conceituação e disseminação deste conceito. O

entendimento básico é que os erros humanos são inevitáveis, mas a maneira como os sistemas são projetados pode mitigar a possibilidade desses erros resultarem em problemas. Assim, ao invés de corrigir defeitos após sua ocorrência, o Poka-Yoke se concentra na prevenção desses defeitos em primeiro lugar. Um exemplo clássico de Poka-Yoke é a simetria única de conectores eletrônicos, que só podem ser inseridos de uma maneira específica, prevenindo assim a inserção incorreta. Tal dispositivo simples, mas eficaz, assegura que o erro é imediatamente evidente para o operador, evitando danos potenciais ao equipamento ou produto (LEKSIC, 2020).

Dentro da esfera da fabricação, a implementação de mecanismos Poka-Yoke pode levar a reduções significativas nos custos associados à retrabalho, desperdício e devoluções de produtos defeituosos. Porém, o valor do Poka-Yoke não está restrito à manufatura. Em diversos setores, desde o desenvolvimento de *software* até os serviços de saúde, práticas à prova de erros são adotadas para assegurar a qualidade e proteger contra falhas potencialmente custosas ou perigosas. Uma das características distintivas do Poka-Yoke é sua simplicidade. Em vez de depender de sistemas complexos ou treinamento extensivo, o objetivo é criar soluções intuitivas que se integram naturalmente ao fluxo de trabalho existente. Esta abordagem não apenas facilita a implementação, mas também garante que os operadores não se sintam sobrecarregados ou frustrados pela introdução de novos procedimentos (ARRIETA 2011).

2.4.7 Mapeamento do Fluxo de Valor

Para Deshkar (2018) o conceito de VSM, sigla para "*Value Stream Mapping*" ou Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) em português, é uma técnica utilizada para visualizar e analisar os fluxos de materiais e informações necessários para levar um produto ou serviço do início ao fim. Originário do Sistema Lean Manufacturing, o MFV tem como objetivo identificar e reduzir o desperdício em processos operacionais, ao mesmo tempo em que melhora a eficiência global.

Essencialmente, o MFV é uma representação gráfica dos processos de um sistema, permitindo que as organizações visualizem todas as etapas da produção ou entrega de um serviço. Ao mapear cada etapa, desde a matéria-prima até o produto final entregue ao cliente, as empresas podem identificar áreas de ineficiência, gargalos e atividades que não agregam valor. Esta visão holística oferece uma

compreensão mais aprofundada de como as operações funcionam em conjunto e onde melhorias podem ser implementadas (DESHKAR, 2018).

Em sua implementação, o MFV não apenas se concentra nos processos físicos, mas também nas informações que direcionam o fluxo através do sistema. Isso inclui coisas como pedidos de compra, programações e outras comunicações que são essenciais para o funcionamento eficiente de um processo. Ao considerar ambos, materiais e fluxo de informações, as empresas podem desenvolver uma compreensão mais completa de como seus sistemas operam e onde existem oportunidades para otimização (GREWAL, 2008).

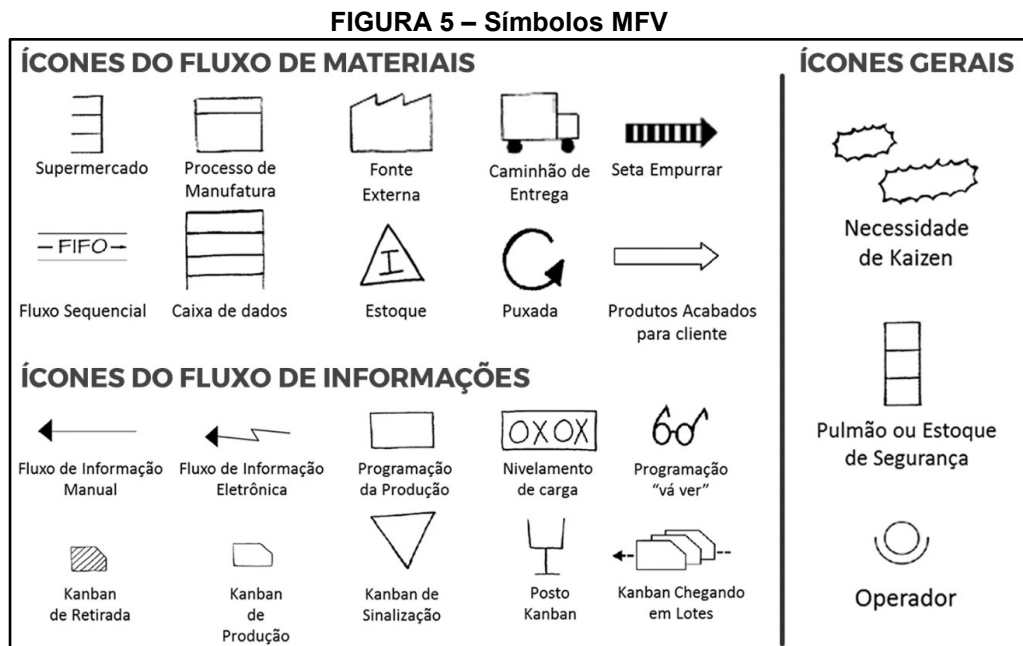
Para Nallusamy (2016) a verdadeira força do MFV reside em sua capacidade de destacar o desperdício. Ao visualizar o fluxo completo de valor, as organizações podem identificar rapidamente áreas onde recursos, seja tempo, material ou mão de obra, estão sendo usados de forma ineficaz. Adicionalmente, a prática do MFV não é um exercício único. Em vez disso, é uma ferramenta contínua de melhoria. À medida que as mudanças são implementadas, o mapa do fluxo de valor pode ser revisado e ajustado, garantindo que a organização continue a evoluir e adaptar-se às mudanças nas demandas ou circunstâncias do mercado.

2.4.7.1 Simbologia do Mapeamento de Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta utilizada no contexto da produção enxuta para visualizar e analisar fluxos operacionais. Para facilitar esta visualização, o MFV emprega uma série de símbolos específicos, os quais representam distintos elementos e atividades dentro do fluxo de produção. Esta simbologia padrão permite que profissionais de diversas áreas compreendam rapidamente o estado atual do processo e identifiquem oportunidades para otimização (RENTES, 2003).

Como bem coloca García (2019) dentro da simbologia do MFV, cada ícone tem um propósito definido. Por exemplo, um ícone em forma de seta pode representar o fluxo de material ou informação, enquanto um retângulo com a parte inferior ondulada pode indicar um processo ou operação específica. Outros símbolos podem representar estoques, envios, operadores ou até mesmo informações eletrônicas. A clareza proporcionada por esses símbolos é essencial, pois permite uma rápida

compreensão das interações complexas que ocorrem dentro de um sistema de produção.



FONTE: NorteGubisian (2023)

A adoção desta simbologia padronizada é crucial para a eficácia do MFV. Ao eliminar ambiguidades e promover uma linguagem visual comum, os símbolos ajudam equipes multidisciplinares a colaborar efetivamente, garantindo que todos os envolvidos no processo de mapeamento e análise compartilhem uma compreensão clara e unificada dos fluxos de trabalho em análise. Assim, o MFV torna-se não apenas uma ferramenta de diagnóstico, mas também um meio de comunicação entre os profissionais envolvidos na busca pela melhoria contínua (ROSA, 2021).

2.4.7.2 Família de produtos

Para Da Silva (2017) no contexto do Mapeamento do Fluxo de Valor, a ideia de "família de produtos" é de suma importância. A família de produtos refere-se a um grupo de produtos que passa por etapas similares e utiliza os mesmos recursos durante sua produção. Estes produtos, embora possam ter variações em especificações ou características, compartilham uma série comum de processos e fluxos, o que os torna candidatos ideais para serem analisados sob uma única representação no MFV.

Ao considerar uma família de produtos ao invés de produtos individuais, as empresas podem simplificar e otimizar a análise de seus processos. Ao agrupar produtos com fluxos de processos semelhantes, torna-se mais fácil identificar padrões, gargalos e oportunidades de melhoria. Esta abordagem holística permite uma visão mais clara da produção e promove a eficiência, pois foca nos processos compartilhados entre os produtos, minimizando a necessidade de criar mapas de fluxo de valor separados para cada variação de produto (RIANI, 2006).

Deste modo, a identificação e o entendimento correto das famílias de produtos são etapas cruciais no MFV. Elas não apenas fornecem uma base sólida para o mapeamento, mas também garantem que as análises e melhorias propostas sejam relevantes e aplicáveis a uma gama mais ampla de produtos. Esta estratégia, por sua vez, maximiza o impacto das iniciativas de melhoria contínua, assegurando que as mudanças benéficas sejam disseminadas por toda a linha de produtos relacionados (LIMA, 2023).

2.4.7.3 Mapear estado atual

O processo de mapeamento do estado atual envolve a identificação e documentação de todas as etapas de produção, desde o fornecimento de matérias-primas até a entrega do produto final ao cliente. Durante essa fase, é essencial registrar detalhes como tempos de ciclo, inventários, movimentações e todas as atividades que ocorrem no processo. Essa representação minuciosa oferece uma visão clara das operações, permitindo que ineficiências, gargalos e atividades que não agregam valor sejam rapidamente identificados (RIBEIRO, 2019).

Ao documentar com precisão o estado atual, as organizações obtêm um panorama fiel de suas operações. Esta visão inicial, embora muitas vezes reveladora de falhas e oportunidades de melhoria, é fundamental para traçar um plano de ação eficaz. Sem um entendimento claro do ponto de partida, as iniciativas de melhoria correm o risco de serem mal direcionadas ou ineficazes. Assim, o mapeamento do estado atual no MFV serve como um alicerce sólido para a transformação contínua dos processos produtivos (COMIN, 2020).

2.4.7.4 Mapear estado futuro

De acordo com ROSA (2021) o contexto do Mapeamento do Fluxo de Valor após a análise detalhada do estado atual, a próxima etapa evolutiva é o desenvolvimento do mapeamento do estado futuro. Este mapeamento representa uma visão idealizada dos processos, incorporando melhorias e estratégias que eliminam desperdícios e otimizam o fluxo de trabalho. É uma projeção de como a organização deseja que seus processos funcionem em um momento futuro definido, após a implementação de melhorias.

O mapeamento do estado futuro não é meramente um exercício teórico, mas uma ferramenta pragmática para planejamento e estratégia. Baseia-se nas ineficiências e gargalos identificados no estado atual e propõe soluções para mitigar ou eliminar esses problemas. Durante este processo, considerações sobre a redução de tempos de espera, minimização de estoques, melhor integração de processos e aprimoramento da comunicação frequentemente se tornam centrais. Esta etapa envolve um pensamento crítico e colaborativo, onde equipes multidisciplinares trabalham juntas para desenhar um fluxo de valor mais enxuto e eficiente (COMIN, 2020).

O mapeamento do estado futuro, contudo, não é o fim da jornada. Ele serve como uma bússola, direcionando a organização para onde ela aspira estar. A partir deste mapeamento, planos de ação detalhados são formulados, estabelecendo metas, responsabilidades e prazos. É uma representação do compromisso da organização com a melhoria contínua, estabelecendo um caminho claro para a transformação desejada e servindo como uma referência constante para avaliar o progresso e ajustar as ações conforme necessário (BARBOSA, 2017).

2.4.7.5 Definir plano de ações

Para Barbosa (2017) uma vez concluídos os mapeamentos dos estados atual e futuro, surge a necessidade de traçar um plano de ações. Esse plano, fundamental no contexto do MFV, é a estratégia delineada para transitar do estado atual para o desejado estado futuro, especificando as intervenções necessárias, os responsáveis por cada tarefa e os prazos estabelecidos.

Definir um plano de ações eficaz exige uma análise criteriosa das discrepâncias entre os estados atual e futuro. Tal plano deve identificar claramente as atividades que não agregam valor e propor métodos para sua eliminação ou otimização. Além disso, o plano deve estabelecer prioridades, considerando tanto a viabilidade da implementação das ações quanto o impacto potencial que cada ação pode ter no processo como um todo. Essa priorização é crucial para assegurar que os recursos sejam alocados de maneira eficiente e que as mudanças mais impactantes sejam implementadas primeiro (COMIN, 2020).

No entanto, a definição do plano de ações não é uma atividade estática. À medida que as ações são implementadas e os processos evoluem, é essencial visitar e ajustar o plano conforme necessário. Esse caráter iterativo garante que o plano permaneça relevante e alinhado com os objetivos da organização. O plano de ações em MFV, assim, não é apenas uma lista de tarefas, mas um documento vivo que guia a organização em sua jornada contínua de melhoria e otimização (ROSA, 2021).

3 METODOLOGIA

Conceitua-se pesquisa como o desenvolvimento de atividades demarcadas metodicamente, por meio de investigação sistemática que necessita de planejamento criterioso, que será elaborado de acordo com a natureza, situação espacial e temporal e condições de acesso aos dados necessários para compreensão de determinado objeto ou fenômeno a ser conhecido (RODRIGUES; RAMOS, 2019).

Nesse sentido, o delineamento metodológico se mostra fundamental para alcançar os objetivos propostos. Definida como o estudo dos métodos e ainda como “[...] uma disciplina que consiste em estudar, compreender e avaliar os vários métodos disponíveis para a realização de uma pesquisa acadêmica” (PRODANOV; FREITAS, 2009, p. 09).

Para Mattar e Ramos (2021) a revisão bibliográfica é a base de toda e qualquer pesquisa aplicada e pode compreender em uma das principais etapas do planejamento de um estudo científico. Tal realidade se deve ao fato de que esse tipo de metodologia tem como objetivo apresentar as principais contribuições de autores acadêmicos sobre todos os pontos abordados na pesquisa que será desenvolvida.

Devido à sua condição singular, ou seja, cada indivíduo utilizado como objeto de estudo apresenta uma resposta diferente, se torna necessário que esses dados sejam analisados de forma individual, sendo que cada um deles apresenta uma perspectiva diferente para uma realidade igual ou similar. Finalizando assim, com o processo de análise e apresentação dos resultados obtidos com cada uma das contribuições humanas para a pesquisa qualitativa da produção acadêmica, tendo a sua importância altamente associada à parte prática das teorias apresentadas nas pesquisas que se formulam (PATIAS; HOHENDORFF, 2019).

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente Trabalho de Conclusão de Curso focou na compreensão do processo produtivo de uma indústria de transformadores de distribuição, utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor. Para tal, a metodologia foi estruturada em duas etapas principais: pesquisa bibliográfica e pesquisa aplicada.

3.2 Procedimentos

Inicialmente, conduziu-se uma pesquisa bibliográfica extensiva sobre *lean manufacturing* e o Mapeamento do Fluxo de Valor, suas aplicações em contextos industriais. Esta revisão se baseou na consulta de livros, artigos acadêmicos, publicações técnicas e relatórios de pesquisa. A plataforma Google Scholar, entre outras bases de dados acadêmicas, foi essencial para garantir um apanhado de literaturas pertinentes e recentes.

Com uma base teórica consolidada, o estudo de caso foi realizado em uma empresa de transformadores de distribuição. Primeiramente, obteve-se autorização formal da empresa para conduzir o estudo in loco. Uma vez autorizado, a pesquisa foi iniciada com a formação de uma equipe multidisciplinar com membros de diversas áreas da empresa como por exemplo, planejamento e controle, processos industriais, contratos, vendas, montadora, chefia, gerencia, conforme a figura a seguir.

FIGURA 6 – Função de casa especialista no MFV

Especialista	Função
Analista de PCP	Informações sobre ordem de fabricação e sequenciamento;
Analista de Compras	Informações sobre cadeia de fornecimento;
Preparadores	Disposição da materia prima nas linhas de produção;
Técnico de área	Conhecimento especializado sobre as operações;
Chefe de Fabrica	Autoridade para assegurar que as alterações serão seguidas na linha de produção;
Gerente	Responsavel por fazer a ponte direta com a Diretoria;
Analista de Processos	Responsavel por fornecer informações sobre métodos e tempos. Coordenar o desenvolvimento do MFV

FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Acompanhado de 10 visitas ao chão de fábrica da indústria (*gemba*). Durante essas visitas, observações diretas dos processos produtivos foram realizadas e anotações detalhadas foram registradas, como tempo ciclo, quantidade de estoque, numero de maquinas e disponibilidade.

Para o mapeamento propriamente dito, foi reunido a equipe em uma sala de reunião para iniciar o desenho do MFV, foram utilizadas ferramentas visuais para representar o fluxo de produção e identificar tempo de ciclo de acordo com o tempo de roteiro no *SAP*, *takt time* e os pontos de VAA, NVAA e NVAA-N. Durante este processo, debates com supervisores e operadores de linha foram conduzidas para coletar *insights* e informações específicas sobre cada etapa da produção. Essa interação permitiu não apenas o levantamento dos processos, mas também a identificação de possíveis ineficiências e pontos de melhoria.

Os dados coletados em campo foram, então, analisados. Foi realizado a criação de mapas visuais representando o fluxo de valor atual e futuro juntamente com ações de melhorias.

Ao finalizar a análise, consolidou-se a compreensão do processo produtivo, ressaltando-se as áreas de eficiência e aquelas necessitadas de melhoria. A metodologia adotada permitiu uma visão holística do fluxo produtivo da empresa e identificou oportunidades de otimização baseadas na diferenciação entre atividades que agregam ou não valor ao produto final.

3.3 Análise de dados

A análise de dados do estudo de caso foi conduzida para proporcionar um entendimento profundo do processo produtivo, focando especialmente na identificação dos pontos de VAA, NVAA e NVAA-N. Inicialmente, os dados coletados a partir de observações diretas, e registros feitos in loco foram sistematicamente organizados. Estes dados abarcavam detalhes de cada etapa do processo produtivo e *insights* fornecidos pelos operadores e supervisores. A partir desta organização, o Mapa do Fluxo de Valor foi elaborado pela equipe para ilustrar de forma visual todo o processo produtivo da empresa, detalhando desde a entrada de matérias-primas até a entrega do produto final, incluindo o tempo gasto, recursos envolvidos e interações entre as fases.

A análise do MFV permitiu a identificação das etapas que agregavam valor ao produto (VAA), aquelas que não agregavam valor (NVAA) e as etapas que, apesar de não agregarem valor, eram vistas como necessárias (NVAA-N). Esta distinção provou ser crucial para decifrar as eficiências e ineficiências do processo.

Finalizando a análise, os resultados obtidos foram sintetizados e interpretados com base no objetivo da pesquisa, dando enfoque aos pontos de melhoria identificados. Visualização para otimizar o processo produtivo foram esboçadas, e as implicações desses resultados para a administração e estratégia da empresa foram amplamente discutidas. Esta metodologia de análise de dados assegurou que o estudo de caso não só delineasse de maneira abrangente o processo produtivo da empresa, mas também salientasse pontos de atenção e oportunidades de aprimoramento.

3.4 Método MFV

A construção do Modelo de Fluxo de Valor (MFV) representa um esforço colaborativo multidisciplinar, fundamental para aprimorar processos de produção e logística dentro de organizações. Nesse contexto, a participação de profissionais com competências diversificadas é imperativa para assegurar a eficiência e a eficácia do modelo proposto. O envolvimento dos analistas de Planejamento e Controle de Produção (PCP) é crucial, pois eles fornecem insights sobre a ordem e sequência ótimas de produção, permitindo que o fluxo de valor seja otimizado desde a concepção.

A contribuição de um analista de compras também é de grande valia, uma vez que este profissional traz informações detalhadas sobre a cadeia de fornecimento, incluindo prazos de entrega de matéria-prima, que são elementos-chave para garantir que o sistema de produção não sofra paralisações por falta de insumos. Os preparadores de fábrica, responsáveis pela disposição adequada da matéria-prima nas linhas de produção, garantem que os recursos necessários estejam disponíveis no momento e local adequados, assegurando a fluidez do processo produtivo. A experiência do técnico de área é igualmente valiosa, trazendo ao MFV conhecimento especializado sobre a rotina e as nuances operacionais da fábrica, enquanto a autorização e participação do chefe da linha são fundamentais para a realização de testes e implementações de melhorias. Isso assegura que as propostas de mudança sejam não apenas teoricamente sólidas, mas também viáveis e benéficas na prática diária da linha de produção.

Por fim, a supervisão do gerente da área, que atua como patrocinador do projeto, é essencial para validar as alterações propostas e assegurar seu alinhamento com os objetivos estratégicos da empresa. Sua responsabilidade inclui também a comunicação eficaz com a diretoria, facilitando uma tomada de decisão informada e oportuna. Adicionalmente, a gestão do analista de processos, que coordena as etapas e ações do MFV, é a pedra angular para o gerenciamento e a integração de todas as atividades, garantindo que o modelo seja executado conforme planejado e que todos os profissionais envolvidos possam contribuir de maneira sinérgica para o sucesso do projeto.

Reuniu-se pessoalmente todos os indivíduos mencionados em uma sala para expor o que seria realizado no MFV (Mapa de Fluxo de Valor). Primeiro, foi explanado o que é o MFV e como seria conduzido: três dias para desenvolver o estado atual, um dia para definir ações e dois dias para planejar o estado futuro. Desenvolvemos o estado atual e as ações primeiro. O estado futuro, por sua vez, foi delineado 30 dias depois para que as ações de fácil implementação já fossem implementadas e avaliados os impactos. Para elaborar o estado atual, foram necessários diversos acompanhamentos no chão de fábrica a fim de confirmar as informações fornecidas pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção), programação, processos e contratos, além de realizar a contagem de material em produção, identificar gargalos e desperdícios.

Em relação ao estado futuro, foi visualizado o cenário ideal com a equipe. Eles relataram que esperam uma linha com menos desperdício, redução do buffer entre operações, além de atender à demanda de vendas para a produção de 60 peças por dia. Todos os pontos passíveis de melhoria no estado atual foram relatados, e o estado futuro foi então desenhado com base nas expectativas da gerência. Para desenvolver as ações, avaliamos os pontos que necessitavam de melhorias, descrevendo cada ação com um responsável designado e um prazo estabelecido para a resolução.

4 RESULTADOS

4.1 Descrição da empresa

No contexto acadêmico, a análise de organizações que se destacam por sua longevidade e capacidade de adaptação ao mercado global é de suma importância. Nesse cenário, destaca-se uma corporação multinacional de ampla envergadura, a infraestrutura ocupada pela unidade fabril se estende por uma área construída de 55.600 metros quadrados. A gama de produtos desenvolvidos por esta unidade é vasta e inclui transformadores de distribuição, transformadores industriais, transformadores subterrâneos e submersíveis, transformadores de potência, além de reatores, e a venda é realizada sob pedido. A contribuição da unidade para o setor energético é notável, fornecendo equipamentos essenciais para a infraestrutura de energia, tanto em escala nacional quanto internacional. A presença desta empresa no mercado por várias décadas e sua capacidade de inovação refletem a sua resiliência e comprometimento com a qualidade.

4.2 Mapeamento do fluxo de informações

O desenho do mapa do estado atual inicia com o detalhamento do fluxo de informações.

O fluxo inicia com o contato inicial do cliente, que demonstra interesse em um produto e faz uma solicitação de orçamento para o departamento de vendas. Após receber a solicitação de orçamento, o departamento de vendas encaminha o pedido para a engenharia de produto. A engenharia de produto tem a tarefa de analisar os requisitos técnicos e calcular os custos envolvidos na fabricação do transformador. Esta etapa é fundamental, pois influencia diretamente na formação do preço final do produto. Uma vez que a engenharia de produto fornece as informações de custo, o departamento de vendas prepara e envia o orçamento ao cliente. Este documento detalha os custos e as especificações do produto, atuando como uma proposta formal da empresa para o cliente.

Se o cliente estiver satisfeito com o orçamento fornecido, ele procede com o envio do pedido de compra para o departamento de vendas. Este momento marca o início formal do processo de fabricação, à medida que a empresa transita da fase de cotação para a execução do pedido. O departamento de vendas, ao receber o pedido de compra, o repassa para o departamento de contratos. O departamento de contratos é o elo entre as vendas e a produção, e sua responsabilidade é assegurar que os termos do pedido sejam compreendidos e executáveis.

Com o pedido em mãos, contratos solicitam ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) o prazo necessário para a fabricação do transformador. O PCP desempenha um papel vital na coordenação das diversas atividades de produção, garantindo que os prazos sejam viáveis e estejam alinhados com as capacidades da empresa. Após determinar um prazo de fabricação, o PCP aciona o departamento de compras para programar a aquisição dos materiais necessários. O departamento de compras, em resposta, organiza as datas de compra e entrega dos materiais, mantendo o PCP informado para que possa ajustar a programação da produção adequadamente.

Uma vez que o material necessário para a produção é recebido, ele é armazenado no almoxarifado. O almoxarifado é um componente crítico na cadeia de suprimentos, agindo como um ponto de controle para o inventário antes de ser utilizado na linha de produção. No início de cada dia de produção, os preparadores de material recebem a listagem de ordens de fabricação do PCP. Eles são responsáveis por buscar o material no almoxarifado e entregá-lo nos respectivos postos de trabalho. Esta é uma etapa chave para assegurar que a produção possa ocorrer sem atrasos devido à falta de material.

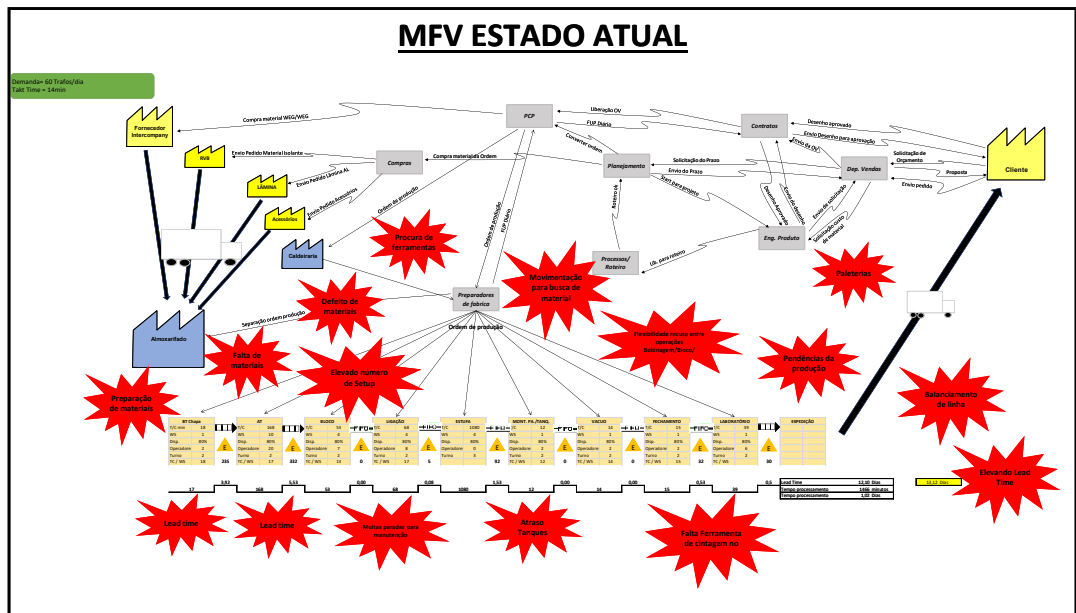
Finalmente, os preparadores, além de buscar o material, também têm a responsabilidade de distribuir adequadamente os materiais pelos postos de trabalho. Eles garantem que cada estação tenha o que precisa para realizar suas tarefas de forma eficiente. A eficácia com que os preparadores executam suas funções impacta diretamente a fluidez do processo de produção e, por extensão, a capacidade da empresa de cumprir os prazos prometidos ao cliente.

4.3 Desenho do mapa atual

O desenho do mapa atual da indústria de transformadores é uma ferramenta visual e estratégica que delimita duas partes fundamentais do processo de produção: o fluxo de informação e o fluxo produtivo. Na parte superior do mapa reservamos para o fluxo de informação. Este fluxo começa com o desejo do cliente por um produto específico e acompanha toda a troca de informações até o início da produção na fábrica. Esse segmento é crucial para garantir que as necessidades do cliente sejam compreendidas e que a execução da produção seja alinhada com estas expectativas.

A parte inferior do mapa detalha o fluxo produtivo, e o foco principal desse estudo de caso. Mostra todos os postos de trabalho desde o início da produção até a liberação do produto para expedição. Este detalhamento é essencial para entender a operação prática da linha de produção e identificar potenciais gargalos excessos ou ineficiências. No canto superior esquerdo do desenho, observa-se a demanda de produção diária desejada de 60 peças, com um *takt time* (ritmo de produção) de 14 minutos para satisfazer essa demanda, esse número é obtido dividindo o número de horas disponível por a demanda de peças dia, estabelecendo o ritmo no qual cada parte do processo deve operar para atender aos requisitos de produção. Acesse a imagem no link <https://bit.ly/47X9oLp>

FIGURA 7 – Mapa de Fluxo de Valor - Estado Atual



FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

No fluxo produtivo, os dados coletados de acordo com o tempo de roteiro do SAP, a bobinagem de baixa tensão é realizada por uma máquina que opera em dois turnos com 80% de disponibilidade, tendo um tempo de ciclo de 18 minutos e um *takt time* acima do takt da linha, observou-se também um elevado estoque de bobinas prontas “235 peças”. A bobinagem de alta tensão envolve 10 máquinas operando também em dois turnos com 80% de disponibilidade, porém com um tempo de ciclo mais extenso de 168 minutos e um *takt time* de 17 minutos, também acima do takt da linha, também com alto estoque de bobinas prontas “332 peças” que fazem o lead time da linha aumentar.

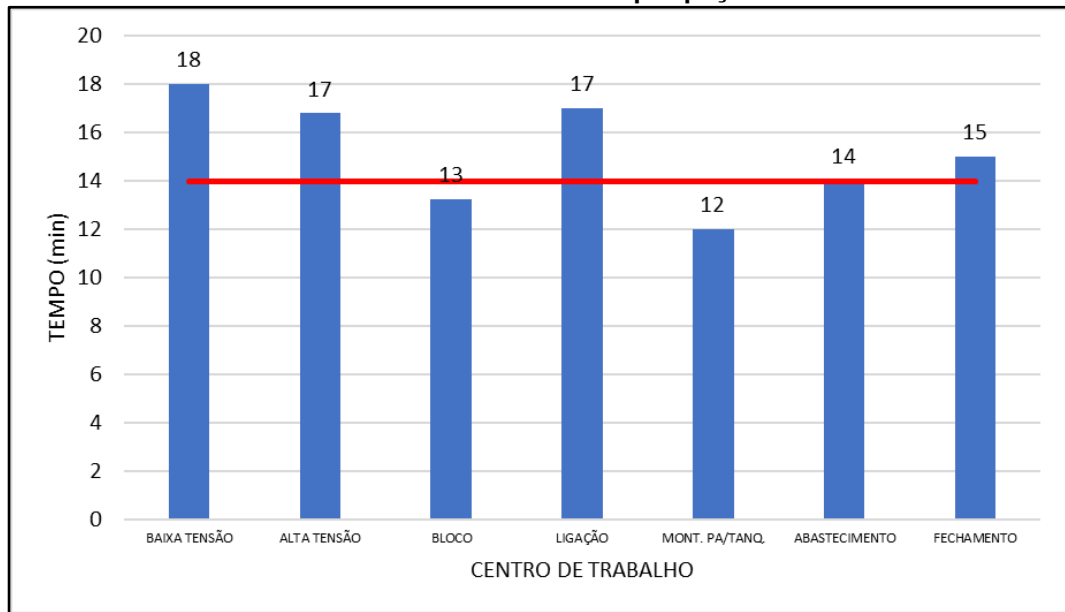
A montagem do bloco é efetuada em 4 mesas por turno, com 4 operando no primeiro turno e 3 no segundo, mantendo os 80% de disponibilidade e um tempo de ciclo de 53 minutos frente a um *takt time* de 13 minutos. Na etapa de ligação da parte ativa, 4 postos de trabalho operam em dois turnos, com um tempo de ciclo de 68 minutos e um *takt time* de 17 minutos, mostrando a necessidade de ajuste para atender o takt time da linha.

A estufa de secagem, por sua vez, onde a parte ativa montada passa por 18 horas de secagem, opera continuamente em 3 turnos, garantindo que este longo processo não seja um impedimento para o fluxo contínuo da produção.

Na montagem da parte ativa no tanque, há um posto que opera em dois turnos com um tempo de ciclo alinhado com o *takt time* de 12 minutos, demonstrando uma otimização no alinhamento entre produção e demanda.

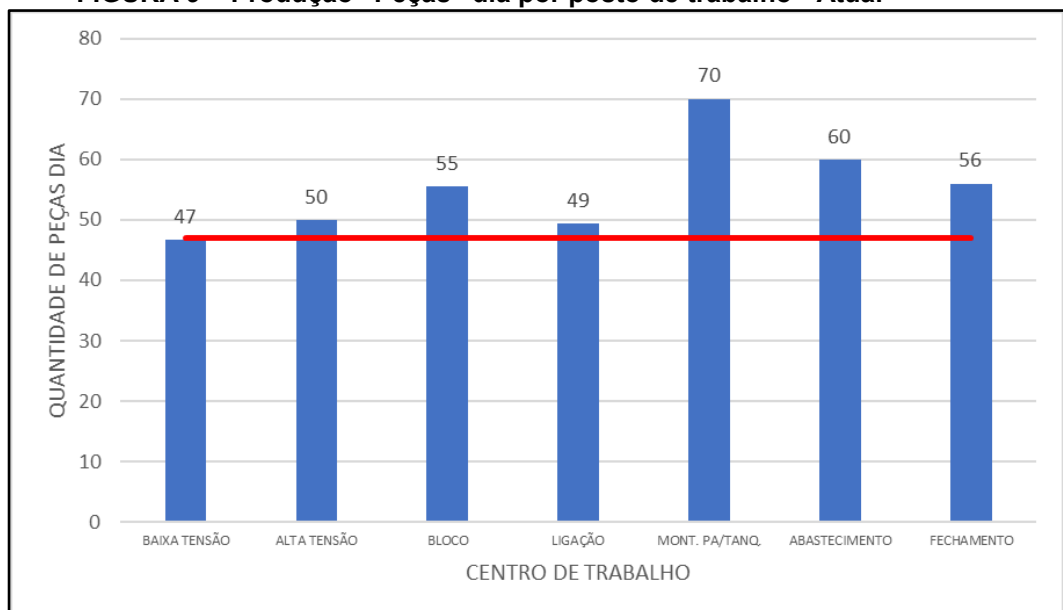
A etapa de vácuo, com um posto operando em dois turnos, tem um tempo de ciclo de 14 minutos e um *takt time* equivalente, mais uma vez mostrando um alinhamento direto com o ritmo requerido de produção. O processo de fechamento, também com um posto operando em dois turnos, segue um tempo de ciclo de 15 minutos e um *takt time* correspondente, mantendo a consistência no fluxo de produção.

Com o desenho do mapa atual foi identificado 4 etapas do processo que não atendem o takt da linha e estão com o tempo de processamento acima, limitando a produção nesses postos.

FIGURA 8 – Takt Time – Atual por peça

FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

O desenho do mapa atual fornece uma visão clara da produção limitando a linha em 47 peças por dia na bobinagem de baixa tensão sendo o principal gargalo, identificados também os centros de trabalhos que merecem atenção para atender a demanda de 60 peças dia. Destaca-se também diversas oportunidades de melhoria e evidenciadas em balões vermelhos no desenho do mapa atual.

FIGURA 9 – Produção “Peças” dia por posto de trabalho - Atual

FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Por fim o lead time elevado de 13,1 dias que é a soma de estoque intermediários mais o tempo de processamento, para uma peça percorrer todo o processo de ponta a ponta demonstra oportunidades de redução de estoque dentro da linha produtiva e merece uma atenção no desenho do mapa futuro.

4.4 Plano de ações

O processo de melhoria contínua na linha de produção envolveu um debate entre a equipe, focado no objetivo de resolver os "balões vermelhos", que são as oportunidades de melhoria destacadas. Além disso, a equipe buscou alternativas para reduzir o *takt time* em etapas que estavam acima do takt da linha, visando atender a demanda de vendas.

Nas etapas de bobinagem, que se mostraram os principais gargalos, a equipe identificou uma importante oportunidade de melhoria no manuseio do material isolante e do canal de óleo, que chegam em rolos. Foi proposta uma ação para que a equipe de suprimentos negociasse com o fornecedor a entrega desses materiais já cortados nas dimensões necessárias para o projeto, economizando o tempo que o operador gastaria na preparação.

No processo de fechamento outro centro acima do *takt* da linha, os operadores precisam verificar o torque de aperto das presilhas utilizando um torquímetro manual. Para melhorar essa etapa, a equipe de processos foi encarregada de desenvolver um método de aperto controlado automaticamente, o que aumentaria a precisão e reduziria o tempo de execução. Além disso, a equipe avaliou o layout do local de trabalho e identificou que uma reorganização poderia diminuir o movimento desnecessário dos operadores, promovendo um fluxo de trabalho mais suave e eficaz. Isso incluiria a relocação de ferramentas e materiais para que estivessem mais acessíveis, o que poderia diminuir significativamente o tempo de ciclo.

Foi também proposta a implementação de treinamentos periódicos para os operadores, focando no aprimoramento das habilidades e na padronização das operações. Com operadores mais qualificados e processos padronizados, espera-se uma redução na variabilidade e nos erros de produção, resultando em uma maior consistência na qualidade das peças produzidas.

Também foi reconhecida a necessidade de melhorar a comunicação entre os departamentos de suprimentos e produção. A falta de sincronia entre as duas áreas

estava causando atrasos na disponibilidade de materiais, afetando o ritmo da produção. Para resolver isso, foram estabelecidas reuniões regulares de alinhamento e a implementação de um sistema de comunicação mais eficiente. A equipe sugeriu ainda a automação de algumas etapas do processo de produção, aonde fosse tecnicamente viável e financeiramente justificável.

Por fim, houve consenso sobre a importância de manter um ambiente de trabalho organizado e limpo, aderindo à metodologia 5S. Isso não apenas criaria um espaço mais agradável e seguro para os operadores, mas também contribuiria para a manutenção da eficiência operacional e para a redução de desperdícios. Com essas ações em andamento, a equipe estava confiante de que não só os problemas atuais seriam resolvidos, mas também que a linha de produção estaria posicionada para responder de forma ágil a futuras demandas e desafios. Acesse ao documento das ações no link <https://bit.ly/47AOiSH>

FIGURA 10 – Plano de ação MFV

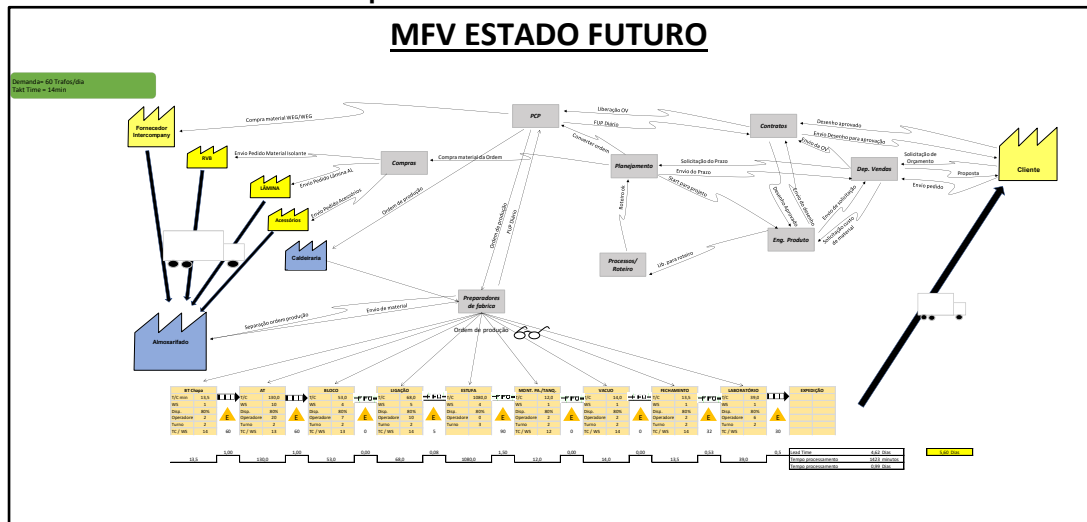
Plano de ação MFV							
Nº	Data Início	Data fim	Status	Data Conclusão	Responsável	Área Gerou Ação	Descrição das Ações
1	25/06/2023	24/12/2023	Concluído	07/07/2023	PCP	Bobinagem	NVAA Recalibração - Materiais intercomprados com defeitos (Pufflin/Si) - Entrar em contato com fabricante e avaliar as causas.
2	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	28/06/2023	Planejamento	Fechamento	NVAA Espora - Falta de tanques para fechamento - Avaliar a programação, tem buffer de 200 tanques mas os tanques que precisa para o fechamento não está ok.
3	21/06/2023	24/12/2023	Em andamento		Suprimentos	Preparadores	NVAA Espora - Falta de materiais durante o processamento em fabrica.
4	15/07/2023	24/12/2023	Concluído	27/09/2023	Processos	Montagem de bloco	NVAA Espora/ Movimentação - Aguardar uma máquina de cortar, quando está em manutenção o operador tem que ir até outra sessão emprestar. Avaliar a aquisição de máquina reserva.
5	01/07/2023	24/12/2023	Em andamento		Manutenção	Fabrica	NVAA Espora - Máquina de bobinagem com elevados paradas para manutenção - Implantar cronograma de AM nas máquinas.
6	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	21/07/2023	Processos/Planejamento	Preparadores	NVAA Procura - Maltas ferramentas desnecessárias nos pontos de trabalho - Implantar 5S geral na linha, indicar um líder de 5S por centro de trabalho.
7	22/06/2023	24/12/2023	Em andamento		Almoxarifado	Preparadores	Materiais separados incompleto
8		24/12/2023	Não iniciado		Processos	Preparadores	Paletas ruins - Avaliar a substituição
9	10/07/2023	24/12/2023	Concluído	22/07/2023	PCP	Bobinagem	Apostamento de ordem de produção na bobinagem, não é possível apontar por bobina.
10	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	30/09/2023	Processos/Suprimentos	Industrial	NVAA Movimentação/ Procura - Elevado numero de bobinas BT e AT em fabrica, lead time alto - Definir buffer para a bobinagem.
11	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	01/08/2023	Suprimentos	Bobinagem	NVAA na bobinagem - operador tem que cortar os canais de óleo e papel isolante, avaliar com fornecedor para vir kit pronto para a ordem nas medidas de projeto.
12	01/07/2023	24/12/2023	Em andamento		Facilitadores	Preparadores	Disponibilidade de recursos, treinar operadores para realizar mais operações "volantes"
13	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	22/07/2023	Programação	Processos	NVAA Movimentação - Elevado numero de setup na bobinagem - Avaliar a opção de agrupar ordem de produção.
14	22/07/2023	24/12/2023	Concluído	08/08/2023	Processos	Gestão	Balancamento da linha
15	22/07/2023	24/12/2023	Em andamento		Preparadores/Almoxarifado	Preparadores	NVAA Movimentação - Elevado numero de movimentação para entrega de material na bobinagem - implementação de rotina mista
16	22/07/2023	24/12/2023	Concluído	27/09/2023	Processos	Fechamento	NVAA Retrabalho, necessidade de reaperta com torque manual - Desmontar processo de aperto com torque controlado.
17	21/06/2023	24/12/2023	Concluído	08/08/2023	Processos	Montagem de bloco	NVAA Movimentação - Buscar bobinas na máquina, definir bordo de linha no bloco
18	21/06/2023	24/12/2023	Em andamento		Fabrica/Processos	Gestão	Atraso de produção - avaliar desperdícios de processamento

FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

4.5 Desenho do mapa futuro

O mapa do estado futuro da linha de produção foi desenhado a quatro mãos com a gestão, refletindo como eles visualizam o funcionamento ideal da linha de produção no curto prazo. Você pode baixar a imagem no link <https://bit.ly/47AMCZq>

FIGURA 11 – Mapa de Fluxo de Valor - Estado Futuro



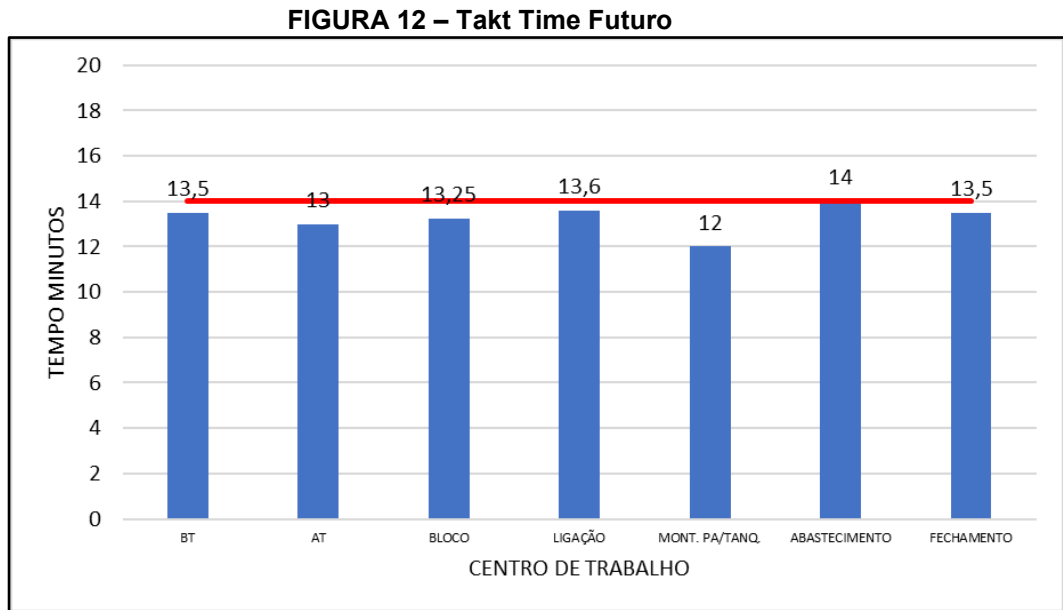
FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Detalhando o desenho do MFV no canto superior esquerdo do mapa, a demanda projetada é de 60 peças por dia, com um *takt time* de 14 minutos necessário para atender a essa demanda. Este objetivo foi mantido como um ponto de referência essencial para as melhorias planejadas. No fluxo produtivo, na etapa de bobinagem de baixa tensão, uma máquina opera com 80% de disponibilidade e um tempo de ciclo projetado em 13,5 minutos, correspondendo ao *takt time* de 13,5 minutos. As ações implementadas, apoiadas por simulações (protótipos) e cronometragens, devem garantir que esse tempo de ciclo seja atingido.

Para a bobinagem de alta tensão, são 10 máquinas operando em dois turnos com 80% de disponibilidade. A equipe espera reduzir o tempo de ciclo para 130 minutos, com um *takt time* de 13 minutos. Isso inclui a redução de uma mão de obra no segundo turno. Na montagem de bloco, quatro mesas por turno funcionarão com plena capacidade, com quatro operando no primeiro e no segundo turnos e uma disponibilidade de 80%, tendo como meta um tempo de ciclo de 53 minutos e um *takt time* de 13 minutos.

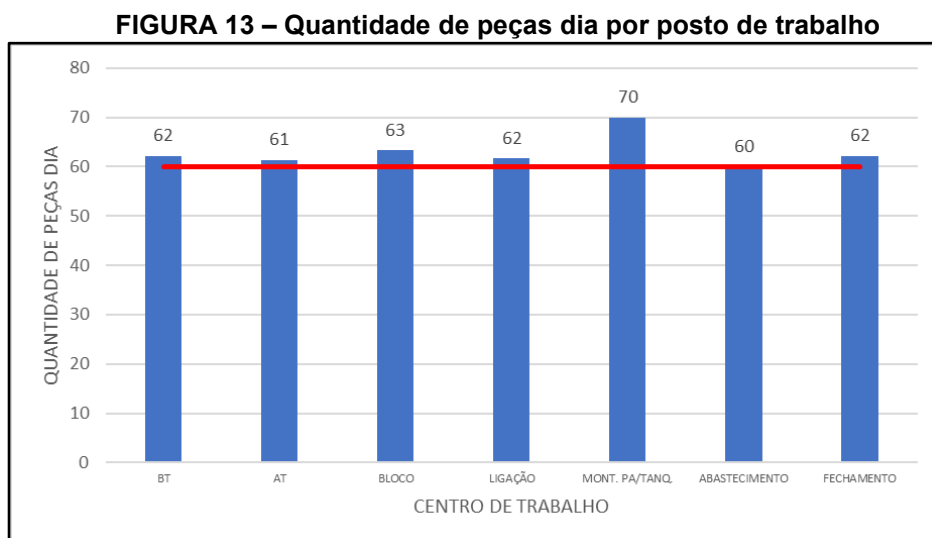
Na ligação de parte ativa, a inclusão de um novo posto de trabalho elevará o número para cinco, operando em dois turnos com 80% de disponibilidade. O tempo de ciclo de 68 minutos para o *takt time* de 14 minutos. A estufa de secagem, onde a parte ativa montada permanece por 18 horas, continuará a operar nos três turnos, sem alterações previstas nessa etapa. Na etapa de montagem da parte ativa no tanque, mantém-se um posto de trabalho operando em dois turnos, com o tempo de ciclo e o *takt time* alinhados em 12 minutos.

A etapa de vácuo é uma limitação de máquina, um posto operando em dois turnos, tem um tempo de ciclo e um takt time estabelecidos em 14 minutos, sem mudanças imediatas. No fechamento, o posto de trabalho operando em dois turnos tem um objetivo de tempo de ciclo de 13,5 minutos, o que está alinhado com o takt time de 13,5 minutos.



FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

O desenho do mapa futuro fornece uma visão clara da dinâmica de produção eliminando os gargalos da linha para atender a demanda solicitada de 60 peças dia.



FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Por fim uma redução no lead time para 5,6 dias que foi calculado com a soma do estoque intermediário mais o tempo de ciclo, para uma peça percorrer todo o processo de ponta a ponta e demonstra uma redução significativa de estoque dentro da linha produtiva, resultando em inúmeros ganhos para a empresa.

4.6 Análise comparativa

A evolução do mapa atual para o futuro revela as aspirações estratégicas da empresa e os pontos-chave onde mudanças foram identificadas como necessárias para alcançar um desempenho mais eficaz, buscando atender a demanda de vendas.

Embora o mapa atual sirva como um ponto de referência para as operações correntes, o mapa futuro demonstra uma visão progressiva. O primeiro representa a realidade presente, enquanto o segundo projeta uma visão de um sistema otimizado, após a identificação de gargalos, redundâncias ou ineficiências na operação atual. No mapa atual, pode-se perceber um fluxo que, embora funcional, pode ter algumas sobreposições ou processos que demandam um tempo acima do *takt time* da linha limitando a produção em 47 peças por dia. O mapa futuro, por outro lado, mostra um design mais enxuto, com etapas mais direcionadas.

A comparação entre os mapas atual e futuro revela uma empresa em busca de aperfeiçoamento contínuo. A transição do atual para o futuro não é apenas uma mudança de processos, mas uma evolução estratégica, refletindo o desejo da organização de se adaptar, crescer e atender melhor às demandas do mercado.

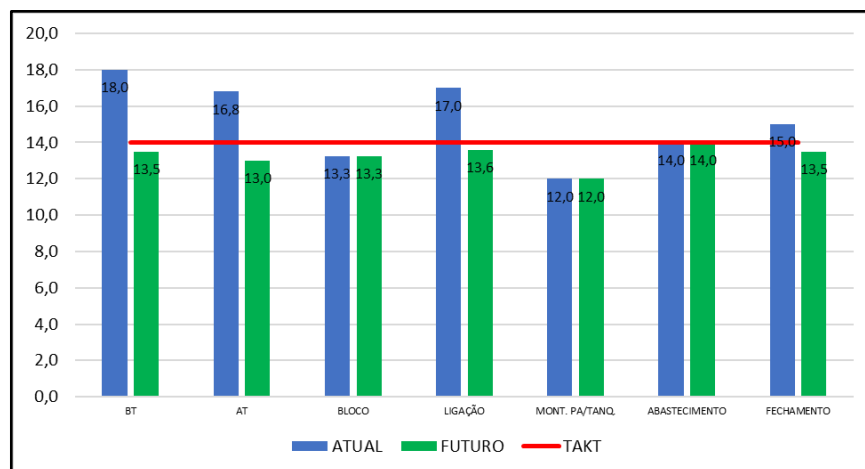
No contexto de otimização de processos industriais, a efetiva ampliação da capacidade produtiva, mantendo-se a adição marginal de apenas dois colaboradores, (2 operadores na Ligação) é uma demonstração inequívoca da eficácia das estratégias de melhoria implementadas.

Tal incremento, atingido sem proporcional aumento no quadro funcional, sugere uma notável elevação na produtividade e uma gestão de recursos humanos altamente eficiente, refletindo um alinhamento preciso entre inovações operacionais e treinamento direcionado. Este cenário sublinha a importância de um planejamento rigoroso e da aplicação de princípios de *lean manufacturing*, onde a maximização da eficiência é alcançada não apenas por meio do aumento da força de trabalho, mas, sobretudo, através da racionalização dos processos e da otimização do desempenho dos colaboradores existentes.

A análise dos resultados obtidos após a implementação de melhorias no processo de produção revelou avanços significativos, dos quais destacam-se a redução do lead time, a otimização do *takt time* e o aumento da capacidade de produção. O lead time — o tempo total necessário para que uma peça percorra todo o processo produtivo, do início ao fim — apresentou uma redução considerável de 13 para 5,6 dias que representa uma redução de aproximadamente 57,2%, diminuindo estoque intermediário entre as etapas de produção, redução de movimentação e procura de material, entre outras reduções de perdas. Este resultado é reflexo direto das estratégias adotadas para a eliminação de gargalos, a melhoria no planejamento e a sincronização das etapas produtivas. Com a agilização do fluxo de trabalho e a redução das interrupções e tempos de espera, foi possível acelerar a produção sem comprometer a qualidade.

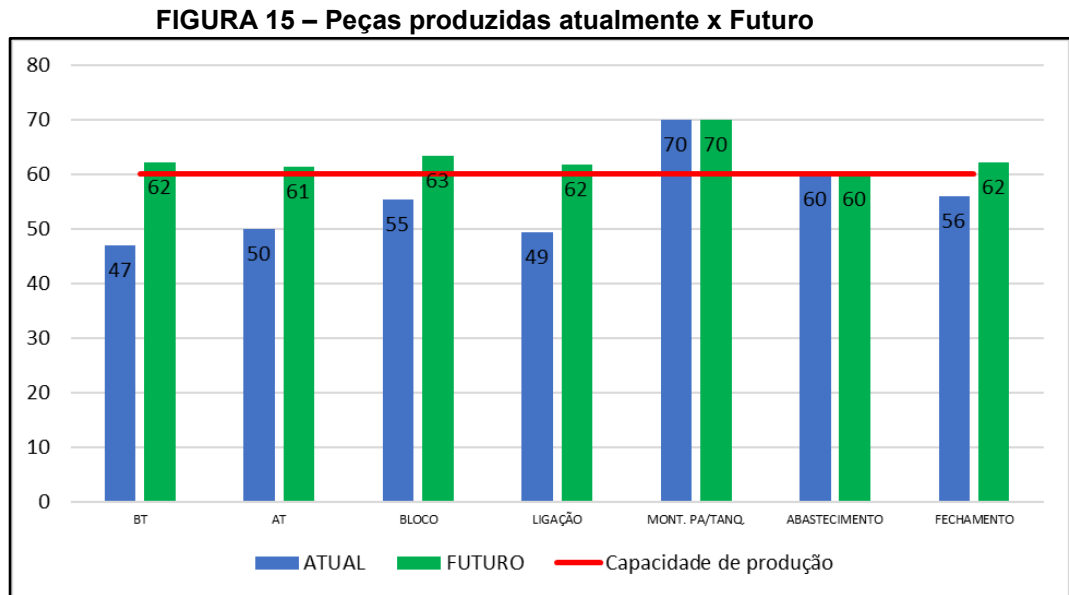
Em relação ao *takt time*, que determina o ritmo de produção alinhado à demanda do cliente, houve um balanceamento entre tempo ciclo e *takt time* da linha, com ações principais voltadas aos postos de trabalho que estavam com takt acima de 14 minutos. Através de medidas como agrupamento de ordem de produção, alinhamento com fornecedor para envio de matéria prima exclusiva para cada projeto, criação de posto de trabalho, aquisição de equipamentos, utilização da metodologia 5S, treinamento focado dos operadores. Isso significa que cada etapa do processo foi refinada para produzir uma peça no intervalo de tempo exato para atender à demanda, aumentando a eficiência sem gerar excesso de produção.

FIGURA 14 – Takt Time Atual x Estado Futuro



FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Por fim, um dos indicadores mais expressivos do sucesso das iniciativas implementadas e em andamento espera-se o aumento da produção. A linha, que anteriormente tinha uma capacidade de produzir 47 peças por dia, elevou significativamente esse número para 60 peças diárias.



FONTE: Dados da Pesquisa (2023)

Esse crescimento de aproximadamente 28% na produção diária sem a necessidade de grande investimento é de suma importância para a competitividade da empresa. Esses resultados traduzem-se em uma operação mais enxuta e ágil, um alinhamento mais preciso com as necessidades do mercado e um potencial aumentado para a satisfação do cliente. Além disso, a empresa se beneficia de uma maior flexibilidade operacional e uma posição competitiva mais forte no setor.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa sobre o mapeamento do fluxo de valor de uma indústria de transformadores de distribuição, através de um estudo de caso, proporcionou *insights* valiosos sobre os processos industriais e suas interações. Ficou evidente que a eficiência e a eficácia dos processos têm um impacto direto na qualidade do produto final e na satisfação do cliente. O estudo revelou áreas onde o fluxo de valor poderia ser otimizado, eliminando desperdícios e melhorando a produtividade por exemplo no fechamento onde a operação de aperto era feito de forma manual.

A implementação de práticas *Lean* e outras metodologias de melhoria contínua surgiu como um meio fundamental para alcançar a excelência operacional na produção de transformadores de distribuição. O mapeamento não só diagnosticou os pontos de gargalos existentes, mas também as oportunidades de melhorias. Portanto, o estudo reforça a importância de uma análise sistemática e contínua do fluxo de valor em ambientes industriais, garantindo a competitividade no mercado global.

Além das conclusões imediatas derivadas do mapeamento, o estudo também trouxe à luz a relevância da comunicação e colaboração entre diferentes departamentos e equipes. Em muitos casos, os gargalos e ineficiências surgem não apenas de falhas individuais nos processos, mas também de uma falta de entendimento integrado do sistema como um todo. Portanto, a interconexão entre as fases de produção e a cooperação entre os times são vitais para o bom funcionamento da cadeia produtiva.

O envolvimento das partes interessadas, desde o nível gerencial até os operadores de chão de fábrica, mostrou-se essencial para a implementação efetiva de melhorias. Através da participação ativa e do *feedback* constante de todos os envolvidos, as soluções propostas tornam-se mais viáveis, adaptáveis e sustentáveis. O comprometimento de todos os níveis hierárquicos da organização garante que as mudanças sejam não apenas aceitas, mas também internalizadas e praticadas no dia a dia.

Por fim, o estudo de caso também destacou a necessidade de uma mentalidade de aprendizado contínuo na indústria de transformadores. Em um setor em constante evolução, impulsionado por inovações tecnológicas e mudanças nas demandas do mercado, as empresas devem se adaptar rapidamente. O mapeamento do fluxo de valor, neste contexto, não é um exercício pontual, mas sim uma prática recorrente que

deve ser revisitada regularmente, assegurando que a empresa permaneça ágil, resiliente e à frente de seus concorrentes no mercado.

A concretização dos objetivos estipulados, por meio da implantação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e das subsequentes ações estratégicas, estima-se em um notável incremento de 28% na produtividade da linha de produção. Este resultado expressivo não apenas atesta a adequação e a eficácia das intervenções realizadas, mas também ressalta a capacidade da metodologia em transformar profundamente os procedimentos operacionais. A utilização do MFV como ferramenta de gestão e a execução precisa de ações proporcionaram uma melhoria significativa no desempenho produtivo, exemplificando com clareza a potencialidade de técnicas de engenharia de processos aplicadas de forma sistemática e alinhada aos objetivos corporativos, solidificando o status da empresa como referência em eficiência e competitividade no mercado.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Henrique Pinheiro; PIERRE, Fernanda Cristina. Aplicação da filosofia Lean Manufacturing em uma empresa metalúrgica: um estudo de caso. *Tekhne e Logos*, v. 13, n. 1, p. 74-83, 2022.
- ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR, José Antonio Valle. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, v. 8, p. 1-18, 2001.
- ANTUNES, Junico. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta*. Bookman Editora, 2009.
- ARRIETA, Juan Gregorio et al. Aplicación lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado. *Revista Virtual Pro*, v. 132, n. 9, p. 1-11, 2011.
- BANDYOPADHYAY, Amit; BOSE, Susmita (Ed.). *Additive manufacturing*. CRC press, 2019.
- BOEG, Jesper. *Kanban em 10 passos*. Tradução de Leonardo Campos, Marcelo Costa, Lúcio Camilo, Rafael Buzon, Paulo Rebelo, Eric Fer, Ivo La Puma, Leonardo Galvão, Thiago Vespa, Manoel Pimentel e Daniel Wildt. C4Media, p. 27, 2010.
- CARELLI, Fernanda Pereira Lopes; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada; RÔA, Larissa Maynara. Proposta de adequação do processo de inspeção com base nos conceitos do lean manufacturing: estudo de caso em um fabricante de equipamentos agrícolas. *Journal of Lean Systems*, v. 1, n. 4, p. 66-86, 2016.
- COMIN, Dionei Roberto; SANTOS, Antonio Jose. Aplicação do conceito de vsm em uma empresa do setor de máquinas industriais para processamento de alimentos. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 8, n. 13, p. 187-204, 2020.
- DAVIS, Jim et al. *Smart manufacturing. Annual review of chemical and biomolecular engineering*, v. 6, p. 141-160, 2015.
- DA CRUZ, Nuno Miguel Pereira. *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. 2013. Tese de Doutorado. Universidade do Minho (Portugal).
- DA SILVA, Fernando Dias; DALLARIVA, Kassiana Luiza Pedralli. Lean manufacturing como alicerce para a competitividade: estudo de caso. *Perquirere*, v. 14, n. 3, p. 178-186, 2017.
- DESHKAR, Adwait et al. Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, v. 5, n. 2, p. 7668-7677, 2018.

DE ARAUJO, Cesar Augusto Campos; RENTES, Antonio Freitas. A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 2, 2006.

DE CASTRO HILSDORF, Wilson et al. Aplicação de ferramentas do lean manufacturing: estudo de caso em uma indústria de remanufatura. *Revista Produção Online*, v. 19, n. 2, p. 640-667, 2019.

FEIDEN, Alberto et al. Processo de conversão de sistemas de produção convencionais para sistemas de produção orgânicos. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 19, n. 2, p. 179-204, 2002.

DA JUSTA, Marcelo Augusto Oliveira; BARREIROS, Nilson Rodrigues. Técnicas de gestão do Sistema Toyota de Produção. *Revista Gestão Industrial*, v. 5, n. 1, 2009.

FONTES, É. G.; LOOS, Mauricio Johnny. Aplicação da metodologia Kaizen: um estudo de caso em uma indústria têxtil do centro oeste do Brasil. *Revista Espacios*, v. 38, n. 21, p. 6-6, 2017.

GARCÍA CANTÓ, Mónica; AMADOR GANDIA, Antonio. "CÓMO APLICAR" VALUE STREAM MAPPING"(VSM). *3C Tecnologia*, v. 8, n. 2, 2019.

GONZÁLEZ GAITÁN, Henry Helí; MARULANDA GRISALES, Natalia; ECHEVERRY CORREA, Francisco Javier. Diagnóstico para a implementação das ferramentas Lean Manufacturing, a partir da estratégia de operações em algumas empresas do setor têxtil confecção da Colômbia: relatório de caso. *Revista EAN*, n. 85, p. 199-218, 2018.

GREWAL, Chandandeep. An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, v. 15, n. 3-4, p. 404-417, 2008.

IKARI, Miki et al. Aplicação do lean manufacturing em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos. *Revista Pesquisa e Ação*, v. 6, n. 1, p. 81-104, 2020.

JUNIOR, Muris Lage; GODINHO FILHO, Moacir. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.

KARAM, Al-Akel et al. The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, v. 22, p. 886-892, 2018.

LAGE JUNIOR, Muris; GODINHO FILHO, Moacir. Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. *Gestão & Produção*, v. 15, p. 173-188, 2008.

LEKSIC, Ia; STEFANIC, Na; VEZA, Ib. The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, v. 15, n. 1, 2020.

LIMA, Liliane et al. Aplicação de MFV (Mapeamento de Fluxo de Valor) num processo de unidade interna de ar condicionado: Estudo de caso. *Peer Review*, v. 5, n. 17, p. 193-204, 2023.

MALI, Yashwant R.; INAMDAR, K. H. Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v. 2, n. 3, p. 2441-2445, 2012.

MANZANO RAMÍREZ, María; GISBERT SOLER, Víctor. Lean manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología*, v. 5, n. 4, p. 16-26, 2016.

NALLUSAMY, S. Lean manufacturing implementation in a gear shaft manufacturing company using value stream mapping. *International Journal of Engineering Research in Africa*, v. 21, p. 231-237, 2016.

OLIVEIRA, R. P. et al. Lean manufacturing em associação à automação industrial: Estudo de caso aplicado à indústria moveleira. *Revista Espacios*, v. 38, n. 17, p. 23, 2017.

OLIVEIRA, Ualison Rébula; DE FIGUEIREDO, Oydil Cesar. O impacto da padronização dos desperdícios em uma indústria de autopeças. *Revista Brasileira de Administração Científica*, v. 9, n. 1, p. 115-126, 2018.

PERGHER, Isaac; RODRIGUES, Luis Henrique; LACERD, Daniel Pacheco. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. *Gestão & Produção*, v. 18, p. 673-686, 2011

PERIN, Pedro Claudinei. Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta. *Repositório Institucional EESC*, 2017.

RAMÍREZ, María Manzano; SOLER, Víctor Gisbert. Lean Manufacturing: Implantación 5s. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, v. 5, n. 4, p. 16-26, 2016.

RENTES, Antonio Freitas et al. Aplicando os conceitos de lean production em uma indústria de calçados: um estudo de caso. *Simpósio Nacional de Engenharia de Produção-SIMPEP*, v. 10, 2003.

REWERS, Paulina; TROJANOWSKA, Justyna; CHABOWSKI, Przemysław. Tools and methods of Lean Manufacturing-a literature review. In: *Proceedings of 7th international technical conference technological forum*. 2016. p. 28-30.06.

RIANI, Aline Mattos. Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Monografia (Graduação)-Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

RIBEIRO, Danilo Ribamar Sa et al. /Mapeamento do fluxo de valor e uso da simulacao integrada lean com sistemas ciber-fisicos em uma industria de embalagens flexiveis. *Producao Online*, v. 19, n. 1, p. 346-375, 2019.

ROSA, Ariane Ferreira Porto; ROYER, Rogério; DE ÁVILA, Verônica Rosales. Mapa de fluxo de valor aplicado em uma indústria metalúrgica com mix de produtos com ampla gama de peças Value stream mapping applied on a metallurgical industry with a mix of products with a wide range of parts. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 9, p. 86333-86356, 2021.

SABADKA, Dusan; MOLNAR, Vieroslav; FEDORKO, Gabriel. The use of lean manufacturing techniques–SMED analysis to optimization of the production process. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, v. 11, n. 3, p. 187-195, 2017.

SALGADO, Eduardo Gomes et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão & Produção*, v. 16, p. 344-356, 2019.

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana; DOS SANTOS, Eder Jonis. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre. *Revista Gestão Industrial*, v. 7, n. 4, 2012.

VAZ, Rayner et al. Aplicação do conceito de mapeamento do fluxo de valor no setor automobilístico. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 9, n. 3, p. 23-34, 2023.

WONG, Kaufui V.; HERNANDEZ, Aldo. A review of additive manufacturing. *International scholarly research notices*, v. 2012, 2012.

ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



**Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos**

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998¹.

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I - Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.

¹ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19610.htm.