



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ÁGATHA ISABELE DA SILVA LIMA

MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS:
um estudo aplicado no setor de embalagens plásticas flexíveis

Caruaru
2025

ÁGATHA ISABELE DA SILVA LIMA

MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS:

Um estudo aplicado no setor de embalagens plásticas flexíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Ramon Swell G. R. Casado

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, Ágatha Isabele da Silva.

Mapeamento do fluxo de valor para redução de desperdícios: Um estudo aplicado no setor de embalagens plásticas flexíveis / Ágatha Isabele da Silva Lima. - Caruaru, 2025.

68 p. : il., tab.

Orientador(a): Ramon Swell Gomes Rodrigues Casado

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.

Inclui referências.

1. Lean Manufacturing. 2. Value Stream Mapping. 3. Redução de desperdícios. 4. Embalagens plásticas flexíveis. I. Casado, Ramon Swell Gomes Rodrigues. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ÁGATHA ISABELE DA SILVA LIMA

MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS:

Um estudo aplicado no setor de embalagens plásticas flexíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 10/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ramon Swell G. R. Casado (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Augusto José da Silva Rodrigues (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Amanda Carvalho Miranda (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho e todo e qualquer sucesso meu aos meus pais, Celma e Sandro, que, sob muito sol, me permitiram chegar até aqui, pela sombra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram com carinho e dedicação. Eles abriram caminhos para o meu crescimento e aprendizado, sacrificando tanto para me proporcionar o melhor e fazendo isso da melhor forma possível.

Aos amigos e colegas formados durante a graduação, manifesto minha sincera gratidão pela alegria, cumplicidade e apoio que tornaram essa jornada tão especial.

A Helon, Mabel, Lucas e Kelly, obrigado pela paciência, suporte e amizade. Vocês transformaram o estágio em uma experiência acolhedora e menos assustadora, compartilhando risadas em momentos que pareciam impossíveis.

A Marcio e Ana Julia, agradeço por serem os melhores amigos que alguém poderia ter, mostrando o valor da amizade incondicional e ensinando que família é composta por aqueles que escolhemos ter por perto.

À tia Jó, cuja presença se faz sentir mesmo na ausência física, agradeço profundamente pelos ensinamentos e pela influência marcante que deixou em minha vida em tão pouco tempo.

À minha vó Neide, por todo o amor, apoio e lições transmitidas ao longo dos anos, à tia Paula, por sempre cuidar de mim e estar ao meu lado em todos os momentos e a todos os membros da minha família, que de alguma forma contribuíram para que eu me tornasse quem sou hoje, meu sincero agradecimento.

A Juliete, minha companheira e maior incentivadora, agradeço por ser meu porto seguro, apoiar meu crescimento pessoal e profissional, e compartilhar comigo sonhos e desafios, permitindo-me amar e ser amada.

A Hades e Nala, meus queridos pets, sou grata por sua constante presença, oferecendo conforto e carinho sem pedir nada em troca. Vocês me ensinaram o verdadeiro significado de lealdade.

Aos professores, que foram a base do meu conhecimento e me ajudaram a construir meu futuro, em especial, ao meu orientador, Ramon Swell, pela paciência, compreensão e mentoria essenciais na elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço à UFPE-CAA, que me proporcionou um ambiente de aprendizado transformador, permitindo que eu me tornasse a profissional que sou hoje, com as ferramentas e o suporte necessários para trilhar meu caminho com confiança e determinação.

“Liberdade é o que você faz com aquilo que fizeram com você”

(Sartre, 1946).

RESUMO

A indústria de embalagens plásticas flexíveis enfrenta desafios como altos níveis de desperdício, baixa eficiência operacional e necessidade de maior competitividade. Neste contexto, o presente trabalho investiga a aplicação do Lean Manufacturing como estratégia para melhorar processos produtivos, com ênfase na ferramenta Value Stream Mapping (VSM). O objetivo é analisar como a eliminação de desperdícios e a melhoria do fluxo de valor podem aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e aprimorar a qualidade. Para isso, foi conduzido um estudo de caso no setor de impressão de uma empresa de embalagens plásticas flexíveis, identificando gargalos produtivos e propondo melhorias com base nos princípios do Lean Manufacturing, como a definição de valor sob a ótica do cliente, a criação de fluxo contínuo e a busca pela melhoria contínua. O VSM foi utilizado para diagnosticar ineficiências e estruturar um estado futuro aperfeiçoado, enquanto ferramentas complementares auxiliaram na implementação e sustentação das mudanças. Os principais resultados obtidos incluem a identificação de fatores críticos que impactavam a eficiência da impressora 203 (foco do estudo), como a qualidade da bobina e a falta de padronização no processo de setup. A aplicação do VSM permitiu uma redução de 199,07 horas, equivalente a 11,5% no tempo de parada da máquina, resultando em maior disponibilidade produtiva e uma melhoria significativa na eficiência do setor. Além disso, a utilização do SMED (*Single Minute Exchange of Die*), a revisão dos POPs (Procedimento Operacional Padrão) e o reforço na manutenção preventiva contribuíram para o aprimoramento do processo sem a necessidade de grandes investimentos financeiros. A conclusão deste estudo reforça a importância da aplicação do Lean Manufacturing, especialmente o VSM, para identificar desperdícios e melhorar processos de forma eficaz. As melhorias implementadas demonstraram que, mesmo sem grandes investimentos, é possível aumentar a eficiência operacional e reduzir custos.

Palavras-chave: Lean Manufacturing; Value Stream Mapping; Redução de desperdícios; Embalagens plásticas flexíveis.

ABSTRACT

The flexible plastic packaging industry faces challenges such as high levels of waste, low operational efficiency, and the need for greater competitiveness. In this context, the present study investigates the application of Lean Manufacturing as a strategy to improve production processes, with an emphasis on the Value Stream Mapping (VSM) tool. The objective is to analyze how waste elimination and improvements in the value stream can increase operational efficiency, reduce costs, and enhance quality.

To this end, a case study was conducted in the printing sector of a flexible plastic packaging company, identifying production bottlenecks and proposing improvements based on Lean Manufacturing principles, such as defining value from the customer's perspective, creating continuous flow, and pursuing continuous improvement. VSM was used to diagnose inefficiencies and structure an improved future state, while complementary tools supported the implementation and sustainability of the changes. The main results obtained include the identification of critical factors affecting the efficiency of printer 203 (the focus of the study), such as the quality of the bobbin and the lack of standardization in the setup process. The application of VSM enabled a reduction of 199.07 hours, equivalent to 11.5% in machine downtime, resulting in greater productive availability and a significant improvement in the sector's efficiency. In addition, the use of SMED (Single Minute Exchange of Die), the revision of Standard Operating Procedures (SOPs), and the reinforcement of preventive maintenance contributed to process improvement without the need for major financial investments. The conclusion of this study reinforces the importance of applying Lean Manufacturing—especially VSM—to effectively identify waste and improve processes. The implemented improvements demonstrated that even without large investments, it is possible to increase operational efficiency and reduce costs.

Keywords: Lean Manufacturing; Value Stream Mapping; Waste Reduction; Flexible Plastic Packaging.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Símbolos para a elaboração do VSM	27
Figura 2 –	Etapas Para o Mapeamento do Fluxo de Valor	29
Figura 3 –	Layout da empresa	34
Figura 4 –	Fluxograma do processo de fabricação de embalagens dentro da empresa	35
Figura 5 –	Matriz de operações	37
Figura 6 –	Produção (em quilos) por impressora	39
Figura 7 –	Quantidade (em quilos) de aparas geradas por impressora	39
Figura 8 –	Tempo médio (em horas) de setup por impressora	40
Figura 9 –	Eficiência Global do Equipamento (OEE), por impressora	40
Figura 10 –	Legenda de símbolos do mapa de estado atual.	42
Figura 11 –	Mapa do estado atual	43
Figura 12 –	Distribuição por motivo de parada da impressora 203 de janeiro a junho	45
Figura 13 –	Mapa do estado futuro	50
Figura 14 –	Distribuição por motivo de parada da impressora 203 de julho a dezembro	57
Figura 15 –	Eficiência Global do Equipamento (OEE), por impressora, após melhorias	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações sobre os principais tipos de perdas	21
Tabela 2 –	Distribuição de turnos e operários por processo.	36
Tabela 3 –	Detalhamento de atividades para troca de bobina na impressora 203	55
Tabela 4 –	Detalhamento de atividades para troca de bobina com o segundo eixo	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRE	Associação Brasileira de Embalagem
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Ordem de Produção
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Act</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEDB	Polietileno de Baixa Densidade
PELBD	Polietileno Linear de Baixa Densidade
POP	Procedimento Operacional Padrão
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
VBP	Valor Bruto da Produção
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.4	OBJETIVOS	18
1.4.1	Geral	18
1.4.2	Específicos	18
1.5	JUSTIFICATIVA.....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	21
2.2	LEAN MANUFACTURING.....	23
2.3	VALUE STREAM MAPPING.....	25
3	METODOLOGIA	29
3.1	ESTRUTURAÇÃO DA ABORDAGEM.....	29
3.1.1	Escolha do objeto de estudo	29
3.1.2	Mapeamento do estado atual	30
3.1.2.1	<i>Construção do mapa do estado atual.....</i>	30
3.1.3	Análise do estado atual.....	31
3.1.4	Propostas de melhoria.....	31
3.2	COLETA DE DADOS.....	31
3.3	TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	AMBIENTE DE PESQUISA	33
4.2	MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL	37
4.2.1	Foco do mapeamento.....	37
4.2.2	O estado atual.....	41
4.2.3	Análise dos insights coletados	45
4.3	MAPA DO ESTADO FUTURO	47
4.4	PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE MELHORIA	51
4.5	IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

REFERÊNCIAS.....	65
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Esta seção discute o contexto no qual o tema de pesquisa está inserido, os fatores que levaram à formulação do problema, os elementos que justificam a realização da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, e, por fim, a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A busca por eficiência e competitividade tem sido uma constante na evolução da indústria moderna, sendo o Sistema Toyota de Produção (STP) um marco nessa transformação. Introduzido no Japão, o STP lançou as bases para metodologias como o *Lean Manufacturing* (LM), focadas na eliminação de desperdícios e na entrega de valor ao cliente (Monden, 2015).

Os princípios do LM ganharam destaque a partir da década de 1980, impulsionados por um estudo conduzido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (Womack; Jones; Roos, 2004). Segundo Womack, Jones e Roos (2004), a pesquisa analisou as práticas de gestão e os programas de melhoria adotados por empresas de referência no setor automotivo. Os resultados indicaram que a aplicação desses princípios teve um impacto significativo no aumento da competitividade dessas empresas.

Embora sua origem esteja no setor automotivo, os conceitos do Lean transcenderam essa área, sendo amplamente aplicados em diferentes segmentos industriais (Badhotiya *et al.*, 2024), devido à sua capacidade de aumentar a eficiência operacional e melhorar a produtividade. A essência dessa metodologia reside em sua filosofia de gestão, que destaca a geração de valor para o cliente com o uso mínimo de recursos, incentivando não somente os lucros financeiros, mas também práticas sustentáveis e duradouras.

A gestão do LM é sustentada por cinco pilares fundamentais: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, sistema puxado e perfeição. Quando aplicados de forma integrada e simultânea, esses princípios visam potencializar os resultados e minimizar as perdas ao longo do processo produtivo (Netto, 2020). Além disso, a flexibilidade das ferramentas Lean permite sua aplicação em cenários variados, desde pequenas

melhorias em processos específicos até a reestruturação completa de cadeias produtivas.

Um dos setores que pode se beneficiar significativamente da aplicação de metodologias voltadas à melhoria de processos é o de embalagens plásticas flexíveis, reconhecido por seu papel estratégico dentro da economia nacional. De acordo com a ABRE (2023), esse segmento foi responsável por movimentar cerca de R\$ 144,4 bilhões em valor bruto da produção (VBP), o que correspondeu a aproximadamente 2,8% do total gerado pela indústria de transformação no país. Com ampla presença em cadeias produtivas como a alimentícia, farmacêutica, química e de bens de consumo, o setor destaca-se pela sua adaptabilidade, resistência e boa relação custo-benefício. Sua importância decorre não apenas da integração com diversos ramos industriais, mas também da capacidade de responder às demandas atuais por soluções mais inovadoras e ambientalmente responsáveis.

O mercado brasileiro de embalagens plásticas flexíveis ocupa uma posição de destaque na América do Sul, sendo responsável por cerca de 54% do total produzido na região, o que equivale a aproximadamente 3,9 milhões de toneladas, conforme dados da ABRE (2023). Esse protagonismo está diretamente ligado à crescente demanda por soluções personalizadas e embalagens que atendam aos princípios da sustentabilidade e da conveniência para o consumidor moderno.

Além de ser um elo fundamental nas cadeias de suprimentos de diversos setores industriais — como o alimentício, farmacêutico, de higiene e limpeza —, a indústria de embalagens representa uma parte significativa da economia nacional. Estima-se que, mundialmente, esse setor movimente mais de 500 bilhões de dólares, correspondendo entre 1% e 2,5% do Produto Interno Bruto (PIB) de cada país (ABRE, 2017). No contexto brasileiro, dados da Mordor Intelligence (2024) apontam uma expectativa de crescimento médio anual de 4,3% entre os anos de 2024 e 2029 para o mercado de embalagens como um todo, reforçando sua relevância estratégica e o seu potencial de expansão.

Esses números evidenciam a importância econômica e funcional da indústria de embalagens plásticas flexíveis, ao mesmo tempo em que sinalizam a necessidade de aprimoramento contínuo de seus processos produtivos, especialmente frente às exigências por eficiência, redução de desperdícios e adaptação às tendências globais de consumo.

Nesse contexto, percebe-se a necessidade de conciliar agilidade, inovação e eficiência operacional em um ambiente de alta competitividade. Portanto, as empresas desse setor enfrentam desafios significativos, como a necessidade de reduzir custos e desperdícios, enquanto atendem às crescentes demandas de personalização e sustentabilidade.

Para lidar com esses desafios, o LM oferece ferramentas eficazes, como o PDCA (sigla em inglês para *Plan, Do, Check and Act/Adjust*) e o VSM (*Value Stream Mapping*), que permitem diminuir desperdícios e tornar processos de manufatura mais eficientes. O VSM, em particular, é amplamente reconhecido por sua capacidade de fornecer uma visão holística do fluxo de materiais e informações, identificando pontos críticos que comprometem a eficiência dos processos.

No setor de embalagens plásticas flexíveis, a aplicação desses conceitos é especialmente relevante devido à complexidade operacional. Características como a necessidade de setups frequentes e a alta personalização de produtos exigem ferramentas de gestão eficientes para alinhar as operações às demandas de um mercado cada vez mais dinâmico e competitivo.

Diante desse contexto, este estudo explora o LM como uma abordagem eficaz para o aprimoramento de processos produtivos. Assim, busca destacar a contribuição de uma ferramenta Lean na promoção da melhoria contínua, aplicada à uma empresa do setor de embalagens plásticas flexíveis.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A melhoria contínua é um princípio essencial para empresas que buscam alcançar a excelência operacional em um ambiente de alta competitividade. Conforme abordado anteriormente, o LM destaca-se por sua capacidade de eliminar desperdícios e maximizar a eficiência dos processos produtivos.

Entre suas ferramentas, o VSM foi escolhido como foco deste estudo por oferecer uma visão abrangente e sistêmica dos processos, permitindo identificar gargalos e atividades que não agregam valor, com base em dados distintos.

Essa ferramenta destaca-se por sua capacidade de simplificar, de maneira significativa e direta, a complexidade do sistema produtivo. Além disso, fornece diretrizes claras para identificar e analisar oportunidades de melhoria.

O VSM não apenas se diferencia por sua abordagem abrangente, que integra fluxos de materiais e informações, como também tem se mostrado eficaz em diversos setores. No setor financeiro, por exemplo, sua aplicação reduziu o tempo de ciclo, além de aumentar a satisfação dos clientes e reduzir o estresse dos colaboradores (Bakri, 2019).

No setor de saúde, o VSM contribuiu para diminuir o desperdício em processos hospitalares, como tempos de espera e atividades administrativas, promovendo maior eficiência no atendimento (Usman, 2020). Além disso, no setor público, a implementação do VSM ajudou a melhorar a eficiência das operações e aumentar a satisfação dos clientes, encurtando prazos de entrega de serviços e aprimorando os canais de comunicação (Ludwiczak, 2018).

Portanto, o presente estudo concentra-se na aplicação do VSM para analisar os processos produtivos em uma empresa de embalagens plásticas flexíveis, localizada no Agreste de Pernambuco, com o objetivo de propor melhorias que aumentem a eficiência operacional.

A pesquisa foca no setor de impressão devido à sua relevância estratégica para a empresa. Esse setor é essencial para a continuidade das operações, pois qualquer atraso impacta diretamente o setor de acabamento, gerando ociosidade. Além disso, a impressão é responsável por aplicar a arte dos clientes nas embalagens, e falhas nesse processo podem comprometer a qualidade visual do produto final, aumentando o risco de devoluções e a insatisfação dos clientes.

Atualmente, o setor conta com três modelos de impressoras: duas máquinas de seis cores, impressora 201 e impressora 203; e uma máquina de quatro cores, a impressora 202. Para padronizar ao longo do texto, será utilizada a seguinte nomenclatura, que segue o sistema de identificação interna da fábrica: os dois primeiros dígitos (20) representam a etapa de impressão, enquanto o último indica o tipo de máquina utilizada (impressora).

Com base em dados coletados *in loco* entre janeiro e junho de 2024, identificou-se a impressora 203 como o principal gargalo produtivo da empresa, tornando-se, assim, o foco deste estudo. Dentre os fatores relacionados à impressora em questão, que fundamentam o delineamento deste trabalho, destacam-se:

- Seu tempo médio de setup é significativamente superior ao das demais impressoras (201 e 202), resultando em um tempo de preparação mais longo e impactando diretamente a produtividade da linha;

- A impressora 203 gera o dobro de aparas¹ em comparação às outras impressoras, sendo a maior responsável pelos desperdícios no processo produtivo.

Esses aspectos reforçam a necessidade de uma análise aprofundada para aperfeiçoar a eficiência desse equipamento e reduzir seus impactos negativos na produção.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O VSM, como parte do LM, é amplamente reconhecido na literatura como uma ferramenta eficaz para identificar e reduzir desperdícios em processos produtivos. No entanto, sua aplicação prática em setores específicos, como o de embalagens plásticas flexíveis, ainda é uma área de oportunidade a ser explorada, considerando os desafios e particularidades que influenciam sua eficácia.

Diante desse cenário, surge a seguinte questão: Como a aplicação do LM, por meio do VSM, pode ser adaptada ao contexto de uma empresa de embalagens plásticas flexíveis para identificar e reduzir desperdícios, aprimorando os processos produtivos?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Aplicar o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) para identificar desperdícios e propor soluções voltadas à melhoria da eficiência operacional no setor de impressão de uma empresa de embalagens plásticas flexíveis.

1.4.2 Específicos

Este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Estruturar o mapa atual do fluxo de valor do setor de impressão, com foco na impressora 203;
- Identificar os principais gargalos e desperdícios nos procedimentos da impressora 203;

¹ As aparas são resíduos que podem ser gerados no processo de impressão.

- Analisar melhorias no fluxo de materiais e informações; bem como estruturar o mapa futuro do fluxo de valor;
- Avaliar os impactos das melhorias propostas na eficiência operacional e nos custos.

1.5 JUSTIFICATIVA

Este estudo justifica-se pela relevância do LM como abordagem estratégica para o aperfeiçoamento de processos produtivos, especialmente no contexto industrial brasileiro. Estudos, como o de Gonçalves, Silva e Pires (2016), mostram que a manufatura enxuta é uma abordagem essencial para a redução de desperdícios e o aumento da eficiência operacional, além de apresentar flexibilidade para se adaptar a diversos setores.

Além disso, o Lean Institute Brasil tem desempenhado um papel importante na disseminação dessa metodologia, disponibilizando artigos e estudos de caso que evidenciam sua aplicabilidade em diferentes segmentos, como manufatura, serviços e logística. Essa base de conhecimento reforça a importância do LM não apenas como uma abordagem teórica, mas como uma solução prática para a transformação organizacional e a geração de valor.

O setor de embalagens plásticas flexíveis, por sua vez, desempenha um papel crucial em cadeias produtivas essenciais, atendendo a indústrias como a alimentícia, farmacêutica e de bens de consumo. No entanto, esse segmento ainda enfrenta desafios significativos relacionados à eficiência operacional, eliminação de desperdícios e melhoria contínua. Essas dificuldades, muitas vezes, comprometem sua capacidade de atender às demandas do mercado com agilidade, qualidade e competitividade de custos.

Diante desse cenário, este estudo busca contribuir para a lacuna existente na aplicação de ferramentas enxutas, como o VSM, em segmentos industriais específicos, como o de embalagens plásticas flexíveis. Adicionalmente, o foco no setor de impressão em empresas de embalagens plásticas é estratégico, pois essa etapa concentra alta complexidade e um impacto significativo no fluxo produtivo como um todo. A aplicação do VSM nesse contexto não apenas possibilita a identificação de gargalos e desperdícios, mas também promove a racionalização dos fluxos de materiais e informações, alinhando a operação às práticas recomendadas pelo LM.

Além de oferecer uma contribuição relevante para o campo acadêmico, ao associar teoria e prática em um estudo de caso real, o trabalho pode servir como referência para gestores e profissionais do setor de embalagens que buscam implementar abordagens semelhantes. Assim, espera-se que os resultados possam impulsionar a disseminação de práticas enxutas e promover ganhos de eficiência nesse segmento estratégico da economia.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco seções, incluindo a introdução. A seção 2 apresenta o referencial teórico sobre o STP, o LM e o VSM, destacando seus conceitos, benefícios e aplicações. Na seção 3, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a condução do estudo. A seção 4 detalha e discute os resultados obtidos com a aplicação do VSM na empresa estudada. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões, as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A presente seção tem como objetivo apresentar o embasamento teórico que sustenta este estudo. Serão abordados os principais conceitos do STP, com destaque para o LM e a ferramenta de VSM.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) foi desenvolvido no Japão do período pós-guerra por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, como uma solução para superar as dificuldades enfrentadas pela Toyota em um cenário de escassez de recursos, baixa demanda e uma força de trabalho que demandava melhores condições (Ohno, 1997; Shingo, 1996). O modelo de produção em massa, amplamente adotado pelas indústrias ocidentais, revelou-se inadequado à realidade japonesa, levando à criação de um sistema capaz de produzir com eficiência, flexibilidade e redução de desperdícios.

O objetivo central do STP, conforme Ohno (1997), é eliminar desperdícios em todas as etapas do processo produtivo, maximizando a eficiência e os lucros por meio da produção enxuta. Shingo (1996) reforça que o sistema opera com a lógica de "estoque zero", fornecendo os itens certos, na quantidade exata e no momento necessário, evitando estoques intermediários ou finais desnecessários. A eliminação de desperdícios é um princípio fundamental do STP e abrange sete categorias principais, conforme descrito por Ohno (1997) (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Informações sobre os principais tipos de perdas

Categoria	Descrição
Superprodução	Produzir mais do que é necessário ou antes do momento ideal. Este é considerado o desperdício mais grave, pois desencadeia.

(continua)

(conclusão)	
Categoria	Descrição
Espera	Tempos de inatividade causados por atrasos na entrega de materiais, indisponibilidade de máquinas ou falta de informações. Esse desperdício é prejudicial porque reduz a eficiência global do processo.
Transporte	Movimentações desnecessárias de materiais entre os processos, o que aumenta o tempo e o custo sem agregar valor ao produto.
Processamento em si	Etapas de processamento que não adicionam valor ao produto final, como ajustes ou operações redundantes.
Estoque	Acúmulo de materiais ou produtos acabados que não estão sendo utilizados imediatamente. Estoques excessivos representam capital imobilizado e risco de obsolescência.
Movimentação	Movimentos desnecessários realizados pelos operadores, como deslocamentos ou manipulações repetitivas. Esses movimentos, além de não agregarem valor, podem causar fadiga e aumentar os custos operacionais.
Produtos defeituosos	Produção de itens que não atendem aos requisitos de qualidade, gerando custos adicionais com retrabalhos ou descartes.

Adaptado de Ohno (1997).

O sucesso do STP é sustentado por dois pilares básicos: o *Just-in-Time* (JIT) e a autonomia (*Jidoka*) (Ghinato, 1995). O JIT garante que os insumos sejam entregues exatamente na quantidade e no momento necessários, promovendo um

fluxo contínuo e alinhado à demanda real, eliminando custos associados à superprodução e ao armazenamento (Ohno, 1997).

A automação, assegura que máquinas e operadores sejam capazes de identificar defeitos (ou anomalias) e interromper a produção automaticamente, evitando a propagação de problemas e assegurando a qualidade do produto final (Ghinato, 1995).

Outro princípio essencial do STP é a ênfase na eliminação de desperdícios, conhecida como “Muda”, que promove a identificação e remoção de atividades que não agregam valor ao produto final (Smith, 2014). Esse conceito é complementado pela filosofia do Kaizen, que incentiva a melhoria contínua por meio de pequenas mudanças incrementais realizadas de forma sistemática e coletiva (Imai, 1986).

Aliada a esses princípios, a busca pela qualidade total garante que os processos sejam continuamente ajustados para atender aos padrões mais elevados, alinhando eficiência operacional e satisfação do cliente. Juntas, essas abordagens criam um ambiente produtivo onde eficiência, inovação e qualidade são pilares interdependentes.

Antunes (2008) apresenta uma classificação das atividades produtivas no STP, dividindo-as em trabalho líquido, trabalho que não agrega valor e perdas. Ainda conforme Antunes (2008), o trabalho líquido inclui atividades que efetivamente agregam valor ao produto, enquanto o trabalho que não agrega valor representa ações que suportam a produção, mas não contribuem diretamente para o produto final. Já as perdas são atividades que geram custos sem trazer benefícios, como retrabalhos, tempos de espera e produção de itens defeituosos.

Ohno (1997) destaca que a eficiência operacional deve estar associada à redução de custos, alcançada por meio da produção exata do necessário e do uso racional de recursos. Ao focar na eliminação de desperdícios, na melhoria contínua e na busca pela qualidade total, o STP consolidou-se como um modelo de referência mundial para sistemas produtivos eficientes, sendo essencial para o sucesso da Toyota em mercados altamente competitivos e com recursos limitados.

2.2 LEAN MANUFACTURING

O Lean Manufacturing, ou manufatura enxuta, é uma abordagem gerencial voltada para a aprimoração dos processos produtivos, buscando eliminar desperdícios

e garantir maior eficiência na entrega de valor ao cliente. Sua origem está diretamente associada ao STP, desenvolvido no Japão no período pós-Segunda Guerra Mundial, em um contexto de escassez de recursos e necessidade de aumento da competitividade industrial (Maia *et al.*, 2010). O STP serviu como base conceitual para o LM, compartilhando a ênfase na eliminação de desperdícios, na melhoria contínua e na busca por eficiência operacional.

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o LM adota um planejamento rigoroso que abrange todas as etapas da cadeia produtiva, desde o recebimento do pedido até a entrega do produto final, com foco na geração de valor sob a perspectiva do cliente.

Taiichi Ohno, um dos principais idealizadores do STP, classificou os desperdícios em sete categorias, que também norteiam o LM, e que podem ser vistos na Tabela 1. A eliminação desses desperdícios é central para o funcionamento do Lean, permitindo reduzir custos, aumentar a qualidade e promover um fluxo de trabalho eficiente.

De acordo com Salgado *et al.* (2009), a implementação do LM é sustentada por cinco princípios principais:

- Definir valor a partir da perspectiva do cliente: Focar em atividades que realmente atendam às necessidades do cliente final;
- Mapear o fluxo de valor: Identificar todas as etapas do processo produtivo, distinguindo aquelas que agregam valor das que geram desperdício;
- Criar um fluxo contínuo: Garantir que os materiais e informações fluam sem interrupções, evitando gargalos e tempos ociosos;
- Produção puxada pela demanda: Fabricar apenas o necessário, no momento certo, evitando estoques excessivos;
- Busca pela perfeição (melhoria contínua): Adotar uma cultura de melhorias incrementais, promovendo eficiência constante em todas as áreas da organização.

A aplicação do LM é viabilizada por ferramentas práticas que traduzem seus princípios em ações concretas. Entre as principais, destaca-se o JIT, que sincroniza a produção com a demanda real, entregando materiais e produtos no momento exato, e reduzindo a necessidade de estoques elevados (Krajewski, Ritzman e Malhotra,

2009). Outra ferramenta crucial é o Kaizen, que promove uma abordagem de melhoria contínua, possibilitando pequenos ajustes diários nos processos e garantindo eficiência e qualidade ao longo do tempo (Werkema, 2006).

O VSM é uma ferramenta indispensável no contexto Lean, pois oferece uma visão ampla e sistêmica do processo produtivo, permitindo identificar gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria. Conforme Rother e Shook (2003), o VSM ajuda a alinhar os processos às necessidades do cliente e potencializar recursos, promovendo uma análise visual que facilita a priorização de ações estratégicas.

Além disso, práticas como o Kanban, que controla os fluxos de produção e materiais, e o 5S, ferramenta que promove a organização e padronização do ambiente de trabalho, complementam a aplicação do LM ao garantir um suporte estrutural para o desempenho operacional.

Essas ferramentas, quando implementadas de forma integrada, potencializam a capacidade do LM de eliminar desperdícios, reduzir custos, aumentar a qualidade e aprimorar a eficiência operacional. Ao unir os princípios do STP à flexibilidade das abordagens Lean, é possível atender às demandas do mercado com maior agilidade e satisfação do cliente, consolidando a manufatura enxuta como um modelo de excelência em gestão produtiva.

2.3 VALUE STREAM MAPPING

O VSM ou Mapeamento de Fluxo de Valor, é uma ferramenta estratégica fundamental para identificar e eliminar desperdícios nos processos produtivos, com o objetivo de aprimorar o fluxo de valor em uma organização. Sua principal finalidade é fornecer uma representação gráfica do fluxo de materiais e informações que percorrem o processo produtivo, desde a entrada da matéria-prima até a entrega do produto ao cliente final. Diferentemente de outras metodologias, o VSM concentra-se nos fluxos e não diretamente nas pessoas, o que o torna uma abordagem altamente objetiva e eficaz (Sá; Carvalho e Souza, 2011).

Segundo Rother e Shook (2003), o VSM é altamente eficaz em fornecer uma visão ampla e clara do fluxo dos processos. Isso permite identificar gargalos e desperdícios de forma rápida, facilitando a tomada de decisões estratégicas e promovendo a melhoria da eficiência nos processos produtivos.

Conforme Schorn e Seidel (2015), o VSM é estruturado de forma horizontal, abrangendo desde a origem da matéria-prima, na relação com os fornecedores, até a entrega do produto ao cliente final. Esse fluxo é dividido em duas etapas principais:

1. Mapeamento do fluxo atual: Nesta etapa, a análise detalha o estado atual do processo produtivo, incluindo tempos de ciclo, fluxos de materiais e pontos de gargalo. Essa visão permite compreender a operação da fábrica em suas condições reais.
2. Mapeamento do fluxo futuro: Após a análise do estado atual, define-se um fluxo futuro ideal que elimine desperdícios, potencialize recursos e atenda melhor às demandas do cliente.

Ainda segundo Schorn e Seidel (2015) essa abordagem integra diferentes elementos do processo produtivo, como:

- Fluxo de materiais: Representa a movimentação física de matérias-primas, componentes e produtos ao longo das etapas de produção.
- Fluxo de informações: Abrange os dados necessários para coordenar operações, como ordens de produção e inventários.
- Tempo de ciclo (*Cycle Time*): Mede o tempo necessário para concluir uma etapa específica do processo.
- *Lead time*: Refere-se ao tempo total que um item leva para ser processado, incluindo períodos de espera.
- *Takt time*: Indica o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cliente, ajustando a capacidade de produção ao consumo real.
- Processos que agregam e não agregam valor: Diferencia atividades que contribuem diretamente para o produto final das que representam desperdício.

A elaboração do VSM utiliza um conjunto padronizado de símbolos, o que facilita a análise e comunicação dos resultados. Essa padronização promove a clareza e a colaboração entre diferentes áreas da organização, permitindo uma abordagem estruturada para melhorar o desempenho (Rother e Shook, 2003). A Figura 1 apresenta alguns exemplos de símbolos que devem ser adotados:

Figura 1 - Símbolos para a elaboração do VSM



Fonte: Rother e Shook (2003).

Conforme Rother e Shook (2003), a implementação do VSM segue uma abordagem estruturada, dividida em quatro etapas principais:

1. Seleção da família de produtos: Identificar um grupo de produtos que compartilhe processos similares e equipamentos comuns. Essa escolha é crucial para garantir que o mapeamento seja representativo e relevante.
2. Mapeamento do estado atual: Coletar dados diretamente no chão de fábrica, identificando gargalos, tempos de espera e atividades que não agregam valor.
3. Desenho do estado futuro: Criar uma visão ideal do processo, eliminando desperdícios e aperfeiçoando fluxos de materiais e informações.
4. Plano de ação e implementação: Definir as etapas necessárias para a transição do estado atual para o futuro. Isso inclui cronogramas, alocação de recursos e treinamento.

Ferramentas complementares, como o 5S, podem ser utilizadas para sustentar as melhorias, promovendo organização e disciplina no ambiente produtivo (Guimarães *et al.*, 2015).

Os benefícios do VSM incluem a redução de custos operacionais, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do produto final. A análise de indicadores como tempos de ciclo, lead time e taxas de defeitos fornece uma base objetiva para

mensurar os avanços obtidos. Estudos, como os realizados por Singh e Singh (2020), demonstram que empresas que implementam o VSM consistentemente conseguem reduzir gargalos, potencializar recursos e aumentar sua competitividade no mercado.

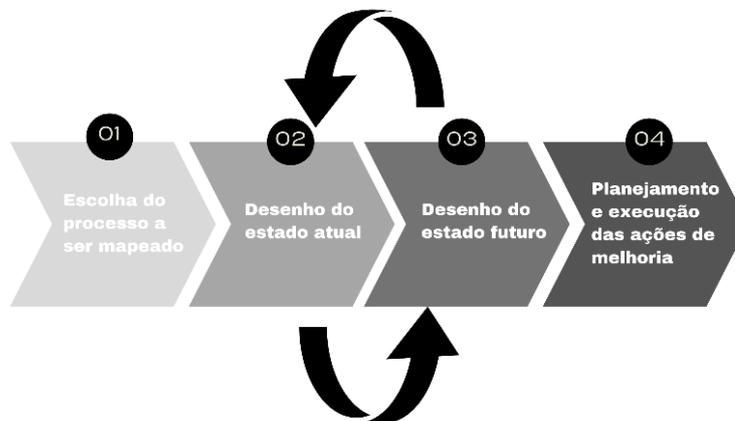
3 METODOLOGIA

Nesta seção, será apresentada a estruturação da abordagem utilizada para a aplicação do VSM. Além disso, detalham-se os procedimentos de coleta e análise de dados, incluindo as fontes utilizadas, os métodos aplicados e as ferramentas empregadas para consolidar e interpretar as informações.

3.1 ESTRUTURAÇÃO DA ABORDAGEM

Para orientar e estruturar a aplicação deste estudo, foi utilizada uma adaptação do *framework* proposto por Rother e Shook (2003), ajustada para atender às particularidades e desafios específicos da empresa analisada. Essa adaptação permitiu uma abordagem mais alinhada à realidade do processo produtivo, garantindo que as diretrizes metodológicas fossem aplicadas de forma eficaz. A Figura 2 ilustra o *framework* adaptado, que serviu como referência para a condução das etapas descritas a seguir, desde o mapeamento inicial do fluxo de valor até a implementação das melhorias propostas.

Figura 2 - Etapas para o Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: A autora (2025).

3.1.1 Escolha do objeto de estudo

O primeiro passo é selecionar o processo que será mapeado, isto é, verificar por qual fluxo de valor será o foco de análise e, em seguida, implementação.

Isso pode ser realizado utilizando a experiência das equipes técnicas ou, idealmente, coletando e organizando dados do roteiro de produção, de modo a

evidenciar a similaridade entre as operações de cada produto. Assim, estabelece-se um bom referencial interno na empresa sobre a implementação do VSM.

3.1.2 Construção do mapa do estado atual

Com o processo a ser mapeado devidamente definido, será elaborado um mapa detalhado do estado atual do fluxo de valor, seguindo a metodologia do VSM. Esse mapeamento contemplou todas as etapas do processo produtivo, abrangendo tempos de ciclo, estoques intermediários, *lead times* e movimentações de materiais.

Para garantir padronização e clareza na representação gráfica, foram utilizados símbolos convencionados no VSM, conforme ilustrado na Figura 1, o que facilitou a interpretação e análise dos dados levantados.

3.1.2.1 Simplificações adotadas

Apesar de ser reconhecido que todo processo produtivo possui alguma variabilidade intrínseca decorrente de fatores como a qualidade e o desgaste das chapas fotopoliméricas, a viscosidade e homogeneidade das tintas, as condições e o volume transferido pelos rolos anilox, as características do substrato (como espessura, tensão e composição), as condições ambientais, como temperatura e umidade do ambiente, além de variações operacionais e mecânicas da impressora, a metodologia de VSM foi aplicada assumindo que o processo, em questão, opera com um nível aceitável de estabilidade. Neste cenário, considera-se estabilidade a habilidade do processo em gerar resultados consistentes ao longo do tempo, com variações dentro de limites previsíveis.

Esta premissa é crucial para que o mapeamento do estado atual represente uma situação operacional comum e para que a detecção de desperdícios seja representativa. Vale destacar que a representação do fluxo de valor obtida pelo VSM representa um momento específico e sob as circunstâncias observadas.

A aplicação das melhorias sugeridas deve ser acompanhada de uma supervisão constante do processo para assegurar a preservação da estabilidade e efetividade das alterações.

3.1.3 Projetando o mapa do estado futuro

De forma simplificada, pode-se assegurar que a condição futura de um VSM deve se assemelhar ao estado atual aprimorado, considerando a ausência da maioria dos problemas anteriormente identificados.

Em outras palavras, o desenho do estado futuro deve projetar um processo que possa operar em fluxo, estabelecendo conexões entre os diversos processos já existentes e restringindo a formação de grandes estoques em processo. Além disso, é necessário avaliar em quais etapas do processo é necessário diminuir os tempos de setup.

3.1.4 Implementação do VSM

Por fim, estabeleça as medidas e alterações necessárias para que a situação futura se concretize. Contudo é necessário pontuar que um plano futuro com muitas melhorias pode ser irrealista. Isto é, pode ser bom para visão geral, mas difícil de executar, dependendo do horizonte e restrições organizacionais.

A implementação de um diagrama prévio do estado futuro, considerando certos investimentos e outros fatores de ação imediata, é crucial para progressivamente atingir o estado “ideal” (objetivo final).

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados utilizados no mapeamento foram coletados diretamente de relatórios gerados pelo *software* de sistema integrado de gestão (ERP, sigla em inglês para *Enterprise Resource Planning*) utilizado pela empresa, para monitoramento da produção. A amostra de dados analisada corresponde ao período de janeiro a junho de 2024, abrangendo informações detalhadas sobre tempos de ciclo, paradas de máquina, perdas e indicadores de desempenho, como OEE, taxa de disponibilidade e taxa de refugo. Esses indicadores foram essenciais para identificar gargalos no processo e direcionar as ações de melhoria propostas.

Além da extração de dados via sistema, foram realizadas observações *in loco* durante o mesmo período da amostra para validar e complementar as informações coletadas. Essa abordagem mista se justifica pelo fato de, em análises anteriores,

terem sido identificadas pequenas variações entre os dados registrados no sistema e os valores reais observados no chão de fábrica. Durante as visitas, foram verificados tempos de ciclo, movimentações de operadores e fluxos de materiais, garantindo a confiabilidade e precisão dos dados utilizados na análise.

Dessa forma, a combinação entre dados extraídos do *software* ERP e observações diretas permitiu um diagnóstico mais robusto, assegurando que as informações utilizadas no mapeamento do fluxo de valor refletissem com fidelidade a realidade operacional da empresa.

3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram consolidados e tratados no Microsoft Excel, escolhido como principal ferramenta de análise devido à compatibilidade com os relatórios extraídos do sistema ERP, que podem ser baixados em formato “csv”. Isso permitiu uma organização eficiente dos dados, facilitando sua manipulação e análise.

Para uma análise precisa dos principais problemas identificados, foram utilizadas ferramentas analíticas como gráficos e diagramas de Pareto, permitindo uma visualização clara e objetiva das maiores fontes de desperdício e ineficiência.

O diagrama de Pareto teve um papel essencial na priorização das causas mais críticas, destacando os fatores que impactavam significativamente a produtividade. Com essa abordagem, foi possível direcionar as ações corretivas de forma estratégica, concentrando esforços nos pontos de maior desperdício e aprimorando os recursos disponíveis para a melhoria do processo.

Além disso, o uso do Excel possibilitou a criação de gráficos comparativos entre as diferentes impressoras, evidenciando as variações de desempenho e consolidando insights que embasaram a tomada de decisão. Dessa forma, a análise quantitativa proporcionou uma abordagem estruturada e objetiva para a identificação e mitigação dos principais gargalos do processo produtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentadas as principais descobertas do estudo, com a análise detalhada dos dados coletados e sua relação com a eficiência produtiva do setor de impressão.

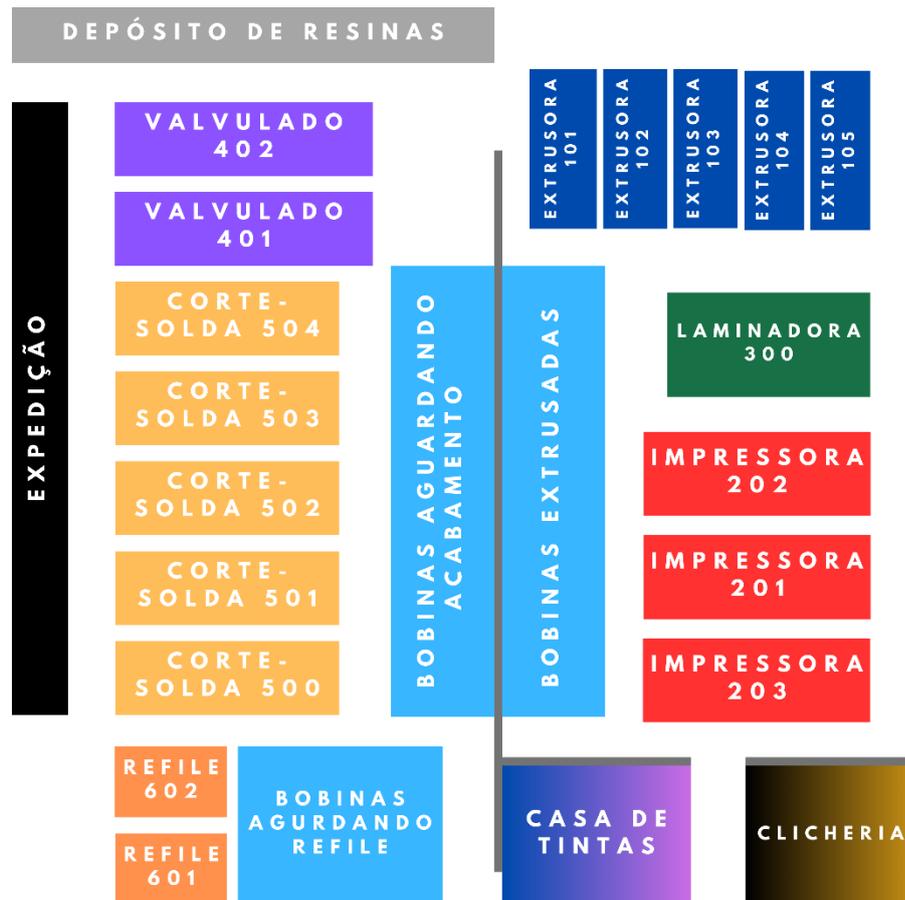
4.1 AMBIENTE DE PESQUISA

A empresa analisada atua na fabricação de embalagens plásticas flexíveis para diversos segmentos, como alimentos, higiene, limpeza, indústria, lojas de departamento, material promocional, pet food, saúde e supermercados. Mensalmente, são processadas aproximadamente 168 toneladas de produtos, o que representa cerca de 93% da capacidade instalada da planta, estimada em 180 toneladas por mês. Os principais materiais utilizados na produção incluem polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno linear de baixa densidade (PELBD).

Os principais clientes da empresa estão localizados na região Nordeste, enquanto a maior parte dos fornecedores de matéria-prima concentra-se na região Sul do país. Essa distância geográfica impõe desafios logísticos importantes, como tempos de entrega mais longos e variabilidade na chegada da matéria prima. Tais fatores podem afetar diretamente a estabilidade do abastecimento, impactando o fluxo de valor e exigindo planejamento de produção e logístico mais rigoroso para garantir a continuidade da produção sem interrupções.

O processo produtivo da empresa é composto pelas etapas de extrusão, impressão, laminação, refilamento, corte-solda e valvulação. A organização fabril segue um layout funcional, no qual processos similares são agrupados para melhorar o fluxo produtivo e a eficiência operacional, conforme representado na Figura 3 (Slack, Chambers e Johnston, 2009).

Figura 3 - Layout da empresa

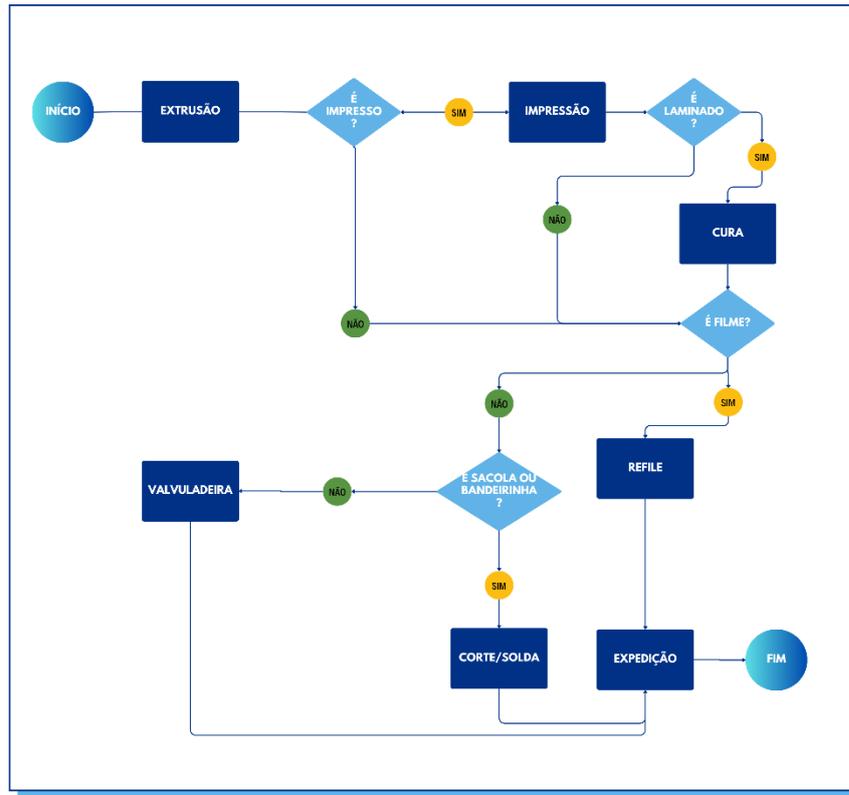


Fonte: A autora (2025).

O processo produtivo de bobinas de filme para embalagens tem início na extrusão, onde o material é transformado em filme plástico. Em seguida, a bobina passa pelo processo de impressão. As etapas posteriores variam de acordo com as especificações do produto: a bobina pode seguir para a laminação e cura ou ser direcionada diretamente para o acabamento.

Nesta fase, o equipamento utilizado depende do tipo de embalagem a ser produzida, podendo envolver refilamento, corte e soldagem ou valvulação. Após o acabamento, o produto segue para as etapas de embalagem e expedição. Esse fluxo de produção é utilizado para diferentes tipos de embalagens, aproveitando a mesma estrutura produtiva para a fabricação de variados produtos, e pode ser visualizado no fluxograma apresentado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 - Fluxograma do processo de fabricação de embalagens dentro da empresa



Fonte: A autora (2025).

Antes de implementar qualquer melhoria, é essencial realizar uma avaliação detalhada do processo produtivo para identificar possíveis falhas e oportunidades de aprimoramento. Com esse intuito, foi conduzida uma análise completa do fluxo de valor, buscando compreender sua estrutura e a sequência das operações. Para mapear o estado atual, após a definição do processo a ser analisado – neste caso, o da impressora 203 – os dados foram coletados desde a etapa de expedição das peças finalizadas até o recebimento da matéria-prima.

Essa etapa teve como principal objetivo compreender o funcionamento do processo, localizar desperdícios e identificar pontos de espera ao longo da produção. Além disso, verificou-se que cada etapa produtiva opera com turnos distintos, cujos horários, número de operadores e tempo disponível por dia estão detalhados na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição de turnos e operários por processo

Setor	Etapa	Turno	Número de operários
Liderança	Extrusão, Impressão e Laminação	-	4 líderes
Extrusão	Produção	1º Turno (06h-18h)	2 operadores
		2º Turno (18h-06h)	2 operadores
Laminação	Produção	1º Turno (06h-18h)	1 operador
		2º Turno (18h-06h)	1 operador
Impressão	Produção	1º Turno (06h-18h)	6 operadores (2 por máquina)
		2º Turno (18h-06h)	6 operadores (2 por máquina)
Liderança	Refile, Corte/Solda e Valvulado	-	3 líderes
Refile	Produção	1º Turno (06h-14h)	2 operadores (1 por máquina)
		2º Turno (14h-22h)	2 operadores (1 por máquina)
		3º Turno (22h-06h)	2 operadores (1 por máquina)
Corte/Solda	Produção	1º Turno (06h-14h)	5 operadores (1 por máquina)
		2º Turno (14h-22h)	5 operadores (1 por máquina)
		3º Turno (22h-06h)	5 operadores (1 por máquina)
Valvulado	Produção	1º Turno (06h-14h)	2 operadores (1 por máquina)
		2º Turno (14h-22h)	2 operadores (1 por máquina)
		3º Turno (22h-06h)	2 operadores (1 por máquina)

Fonte: A autora (2025).

A empresa opera com um sistema de produção puxada, no qual a fabricação ocorre em resposta a uma demanda específica do cliente. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), esse modelo produtivo é caracterizado pela ativação dos processos somente quando há uma sinalização de necessidade vinda do consumidor.

4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

4.2.1 Foco do mapeamento

A matriz de operação (ver Figura 5) foi fundamental para essa análise, pois permitiu a visualização clara das interdependências entre as etapas e a identificação de padrões cruciais.

Figura 5 - Matriz de operações

		OPERAÇÕES / ETAPAS					
		10	20	30	40	50	60
PRODUTOS	A	X	X			X	
	B	X	X				X
	C	X	X	X	X		
	D	X	X			X	X
	E	X				X	
	F	X	X	X			X
	G	X	X		X		

Fonte: A autora (2025).

A etapa 10, responsável pela extrusão da matéria-prima, alimenta diretamente a etapa 20, que realiza a impressão nos produtos. As etapas subsequentes são: 30 (laminação), 40 (valvulação), 50 (corte e solda) e 60 (refile). No diagrama, diferentes famílias de produtos são destacadas por cores:

- Os produtos identificados em vermelho correspondem aos sacos e bandeirinhas, finalizados na corte-solda (etapa 50);
- Os produtos em azul representam os filmes plásticos, que passam pelo refile (etapa 60);
- Os produtos destacados em verde são os sacos valvulados, cuja finalização ocorre nas valvuladeiras (etapa 40).

Como podemos observar na Figura 5, a matriz de operações da empresa é composta por sete linhas, cada uma representando uma família de produtos (conforme mencionado anteriormente), de acordo com o processo final pelo qual passam.

Complementando a análise da Figura 5, evidenciando as diferentes etapas e os caminhos percorridos pelos produtos até sua finalização, destaca-se que:

- Os conjuntos de produtos possuem dois roteiros de fabricação iguais (ou aproximadamente iguais): a extrusão da matéria-prima (10) e a impressão (20);
- Há uma dependência das etapas 40, 50 e 60 em relação à etapa 20;

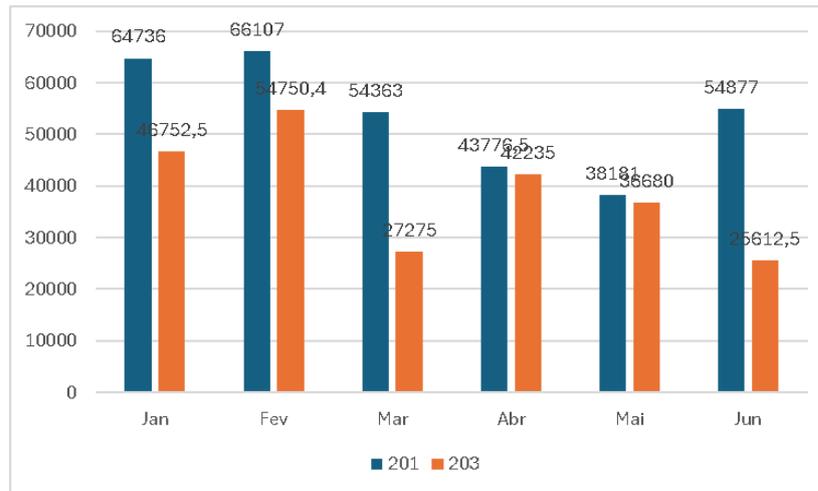
Assim, percebe-se a importância de uma análise mais aprofundada para garantir a estabilidade e a eficiência da etapa 20 para evitar impactos negativos.

Em outras palavras, ao invés de focar em uma família de produtos, a escolha recaiu sobre uma fase crítica do fluxo produtivo, considerando que todas as linhas de embalagens seguem essencialmente o mesmo percurso e compartilham os mesmos equipamentos.

Após o setor de impressão ter sido definido como setor-chave, foi analisado qual impressora seria o foco do estudo. Primeiramente, a impressora 202 foi excluída da análise por atender a um mercado distinto das demais. Sendo uma máquina de apenas quatro cores, sua capacidade produtiva é naturalmente mais limitada, o que inviabiliza comparações diretas de desempenho. Além disso, a empresa já está em processo de substituição dessa impressora, tornando sua avaliação menos relevante para as melhorias propostas no estudo.

Posteriormente, no comparativo entre as impressoras 201 e 203, percebeu-se que a impressora 203 seria o foco da análise por apresentar os piores indicadores operacionais, comprometendo a eficiência do setor de impressão e impactando diretamente a produtividade da fábrica. Essa decisão foi baseada em critérios estratégicos e operacionais, com dados coletados entre janeiro e junho de 2024, considerando fatores como tempo excessivo de setup, alto volume de desperdícios (aparas) e instabilidade na produção, conforme demonstrado nas Figuras a seguir.

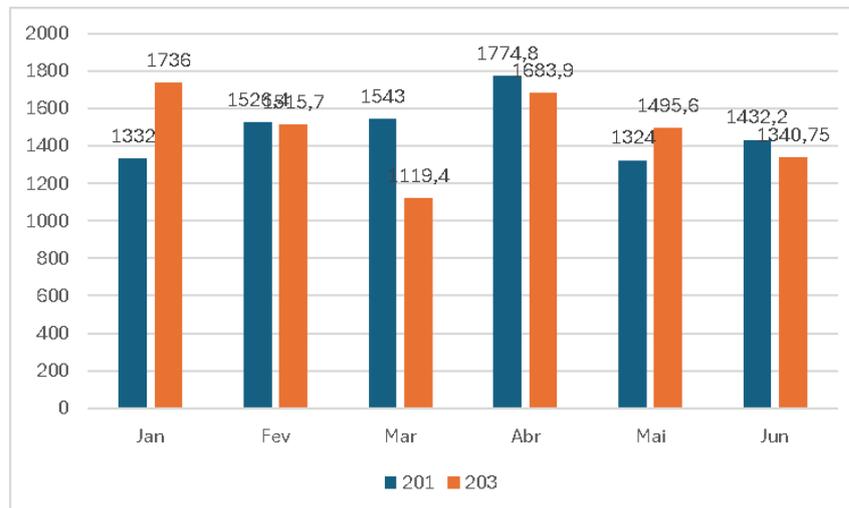
Figura 6 - Produção (em quilos) por impressora



Fonte: A autora (2025).

A produção da impressora 203 foi significativamente inferior à da impressora 201 durante o período analisado (conforme Figura 6), o que evidencia sua menor eficiência produtiva. Nota-se que a impressora 203 apresentou oscilações acentuadas na produção, chegando a produzir menos da metade da impressora 201 em alguns meses. Esse desempenho irregular indica uma possível instabilidade operacional.

Figura 7 - Quantidade (em quilos) de aparas geradas por impressora

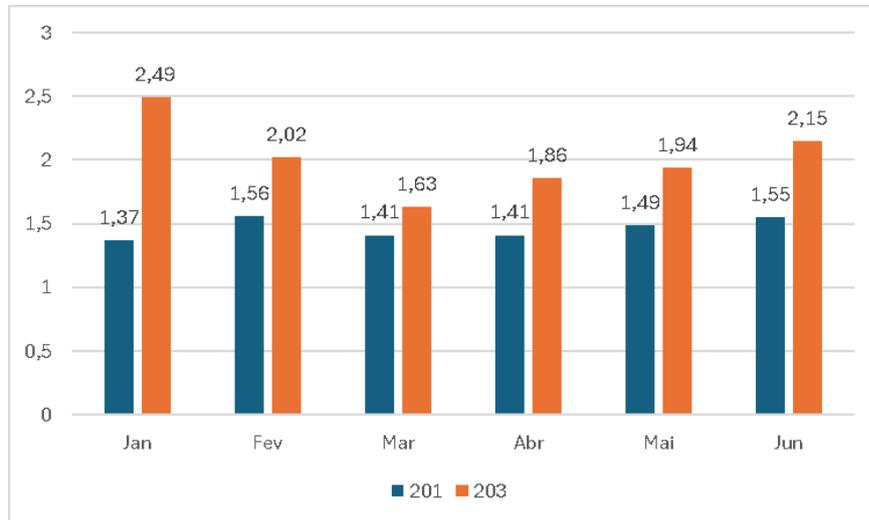


Fonte: A autora (2025).

A perda de material também foi outro fator determinante na análise da impressora 203 (conforme Figura 7). Apesar de produzir menos, a impressora 203 desperdiça quase a mesma quantidade de material que a impressora 201, e em alguns

meses chega a superá-la. Isso reforça a necessidade de intervenções para reduzir essas perdas.

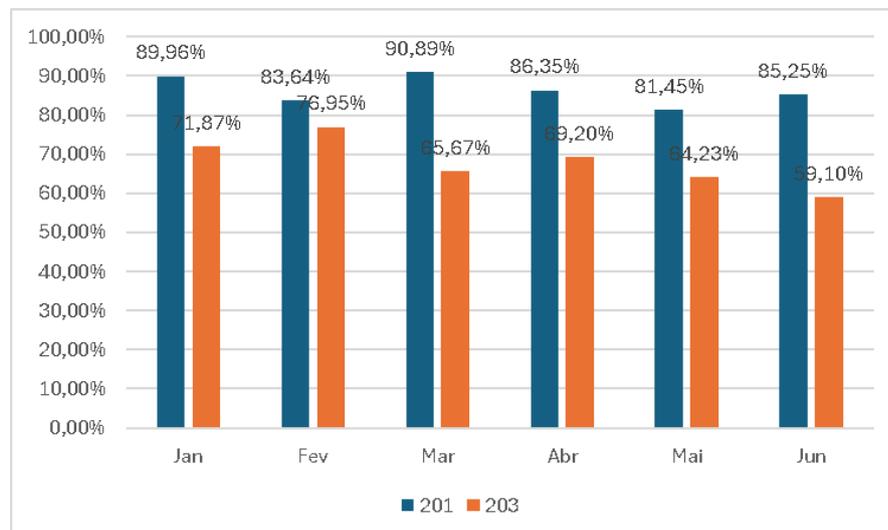
Figura 8 - Tempo médio (em horas) de setup por impressora



Fonte: A autora (2025).

Por sua vez, na análise do tempo médio de setup evidenciou-se uma baixa eficiência da impressora 203 (conforme Figura 8). O setup da impressora 203 é substancialmente maior, impactando diretamente a produtividade. Esse tempo excessivo de preparação reduz o tempo disponível para produção, resultando em menor volume de embalagens finalizadas.

Figura 9 - Eficiência Global do Equipamento (OEE), por impressora



Fonte: A autora (2025).

Por fim, considerando a Eficiência Global do Equipamento (OEE, sigla em inglês para *Overall Equipment Effectiveness*), observou-se que a impressora 203 teve um desempenho consistentemente inferior ao da impressora 201 em todos os meses analisados (conforme Figura 9). A variação negativa do OEE evidencia uma maior incidência de paradas não planejadas e um menor aproveitamento da capacidade instalada, impactando diretamente o fluxo produtivo. Esses resultados reforçam a necessidade de uma abordagem direcionada para mitigar as restrições identificadas.

Diante desse cenário, as averiguações realizadas permitirão uma visão mais ampla para atuar em um fluxo de valor que é representativo para a empresa. Logo, a abordagem adotada estabelece um alicerce para futuras melhorias, reforçando a necessidade de um monitoramento contínuo e de ações sistemáticas para garantir a sustentabilidade e a competitividade do processo produtivo.

4.2.2 O estado atual

Após a conclusão da coleta e tratamento dos dados sobre a situação atual do processo, foi elaborado o mapa do estado atual (conforme Figura 11), representando de forma detalhada o fluxo de materiais e informações ao longo das etapas produtivas. Esse mapeamento permite uma visão clara da sequência das operações, identificando os principais pontos de entrada e saída de materiais, tempos de processamento, movimentações internas e fluxos de comunicação entre os setores.

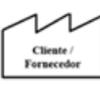
Além disso, o mapa evidencia gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria, servindo como base para análises mais aprofundadas e para a definição de estratégias que visam melhorar a eficiência do processo. Com essa representação visual, torna-se mais fácil compreender o funcionamento global do sistema e propor ações direcionadas para aprimorar a produtividade e reduzir perdas.

A construção do mapa atual contou com a participação ativa de *stakeholders*, incluindo operadores, supervisores e gestores, que contribuíram significativamente para a precisão das informações. Foram realizadas reuniões colaborativas e visitas *in loco*, possibilitando a coleta de dados detalhados por meio de observação direta e acesso aos registros históricos da produção. Além disso, ferramentas como Bizagi, Canva e Excel foram empregadas para modelar o fluxo produtivo, assegurando uma visualização clara e estruturada das interações entre as diferentes etapas do processo.

Esse mapeamento inicial desempenhou um papel fundamental na identificação de gargalos operacionais, desperdícios e oportunidades de melhoria. A análise crítica do fluxo de valor permitiu compreender onde ocorriam perdas de eficiência, tempos ociosos e excessos de movimentação, fornecendo um diagnóstico preciso e embasado para a proposição de ações corretivas.

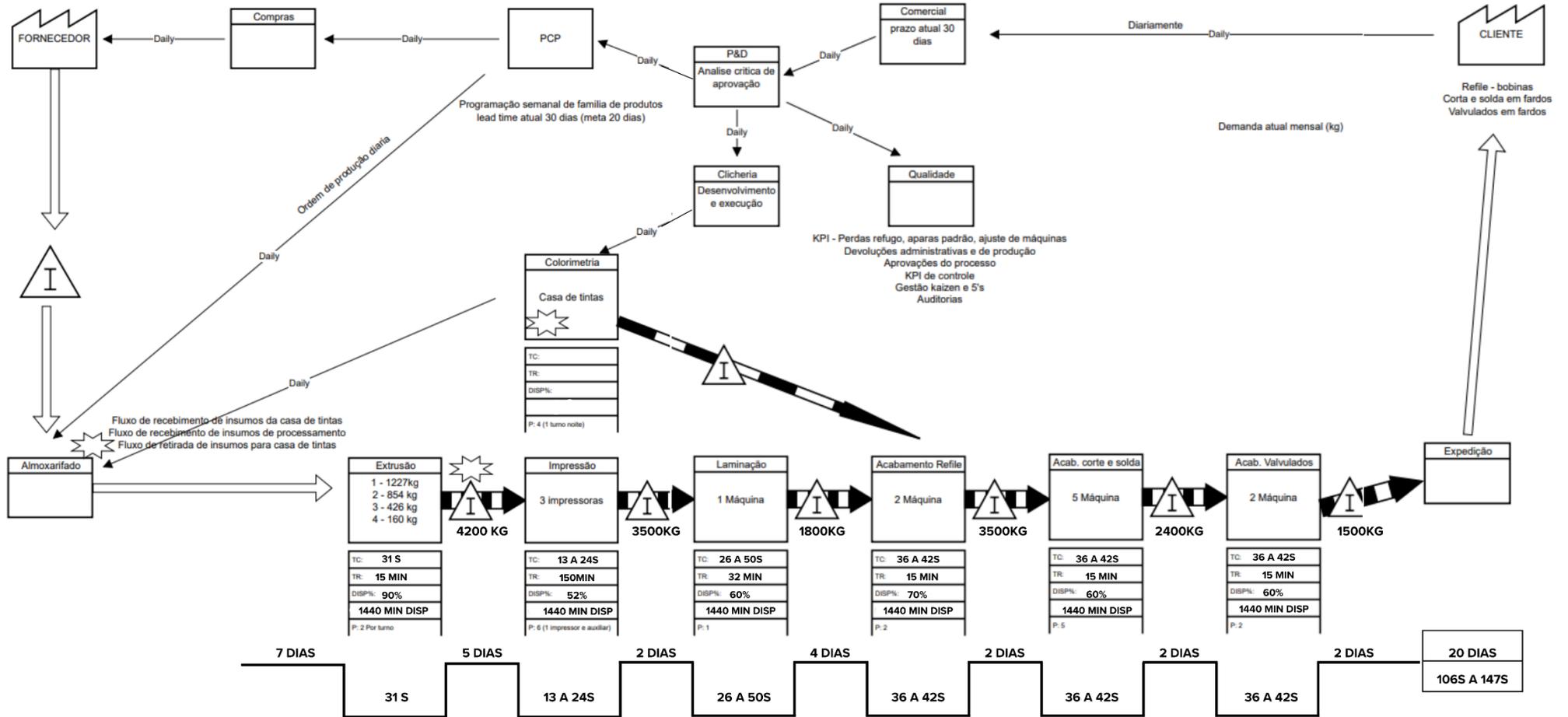
A legenda de símbolos específicos, utilizada no mapa de estado atual do processo produtivo, foi adaptada com base na literatura de Rother e Shook (2003), conforme Figura 10.

Figura 10 - Legenda de símbolos do mapa de estado atual

FORA DA FÁBRICA	PROCESSO	CAIXA DE DADOS
 Cliente / Fornecedor	 MÁQUENA LAY-OUT	
 INVENTÁRIO / BUFFER	 FLUXO DE INFORMAÇÃO MANUAL	 MOVIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA
 FOCO KAIZEN	 SETA PUSH (EMPURRAR)	 FLUXO DE INFORMAÇÃO ELETRÔNICA

Fonte: A autora (2025).

Figura 11 - Mapa do estado atual



Fonte: A autora (2025).

Após a finalização do mapa do estado atual, foi realizada uma reunião estratégica com os líderes do setor de impressão, a equipe de manutenção, o gestor de produção e a equipe do PPCP (Planejamento, Programação e Controle da Produção). O objetivo desse encontro foi capacitar a equipe sobre os princípios do Lean Manufacturing, destacando a importância da identificação e eliminação de desperdícios ao longo do fluxo produtivo.

Durante a reunião, foi apresentado o mapa do fluxo de valor atual, que proporcionou uma visão clara dos principais desafios enfrentados no processo, com destaque para a impressora 203. A partir dessa visualização, e com base na experiência prática dos envolvidos, foi conduzido um *brainstorming* estruturado, orientado pelas sete perdas clássicas descritas por Ohno (1997), permitindo o debate coletivo sobre os principais focos de desperdício percebidos na rotina produtiva.

Nesse contexto, surgiu a necessidade de esclarecer um ponto específico do mapeamento: a utilização de um mesmo valor de tempo de troca (TR) para as etapas de extrusão, refile, corte-solda e valvulado. Essa escolha se trata da adoção de uma média representativa dos tempos coletados. Tal abordagem visa garantir maior consistência na construção do VSM, facilitando comparações entre as etapas e possibilitando a identificação de gargalos reais, sem interferência de variações pontuais ou atípicas.

Já a variação nos tempos de ciclo (TC) é uma característica inerente ao processo de produção de embalagens flexíveis, influenciada por diversos fatores, como: especificações do item produzido (dimensões, tipo de material, número de cores na impressão etc.); velocidade operacional das máquinas, que varia conforme os ajustes técnicos de cada pedido; necessidade de ajustes e calibrações específicas por lote; e a complexidade do setup, incluindo a troca de bobinas, tintas e cilindros. Diante disso, o tempo registrado no VSM reflete uma condição média de operação, representando um cenário realista e adequado para análise crítica e tomada de decisão.

Após a finalização do mapa do estado atual, foi realizada uma reunião estratégica com os líderes do setor de impressão, a equipe de manutenção, o gestor

Essa abordagem colaborativa possibilitou a coleta de *insights* valiosos, enriquecendo a análise e proporcionando um diagnóstico mais preciso das oportunidades de melhoria no setor de impressão.

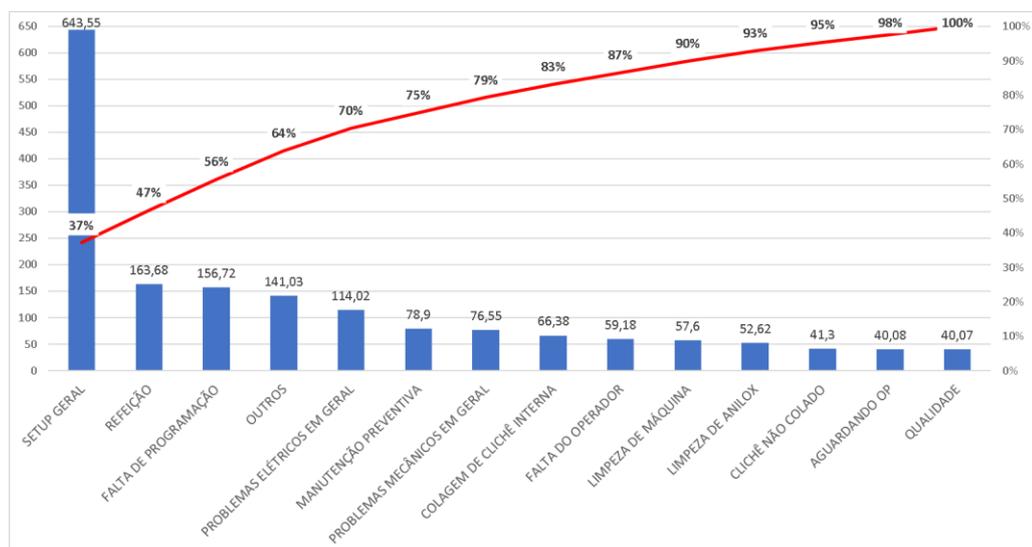
4.2.3 Análise dos insights coletados

A análise do mapa do estado atual evidencia pontos críticos que impactam diretamente a eficiência da impressora 203. Dentre esses pontos, ressaltam-se os impactos das perdas, do tempo de setup e da baixa eficiência global sobre a produtividade da fábrica, reforçando a necessidade de ações corretivas para a melhoria contínua do processo.

Para compreender melhor os fatores que impactam a disponibilidade da impressora 203, foi realizada uma análise detalhada das paradas dessa máquina ao longo do primeiro semestre de 2024 (conforme Figura 12). Essa investigação permitiu não apenas identificar as principais causas das interrupções, mas também quantificar a quantidade total de horas em que a máquina permaneceu inoperante a cada mês. Dessa forma, foi possível observar padrões e variações nas ocorrências, permitindo uma avaliação mais precisa sobre os fatores que mais impactam a produtividade.

A análise acumulada do tempo de parada da impressora 203 de janeiro a junho revela um total de 1731,68 horas, evidenciando os principais fatores que impactaram a produtividade ao longo do semestre. O setup geral se destaca como o maior responsável pelas paradas, somando 643,55 horas, o que representa uma parcela significativa do tempo total de inatividade da máquina. Em seguida, aparecem refeição (163,68 horas) e falta de programação (156,72 horas), indicando que questões operacionais e de planejamento também exerceram forte influência nas interrupções.

Figura 12 - Distribuição por motivo de parada da impressora 203 de janeiro a junho



Fonte: A autora (2025).

Outros motivos recorrentes incluem problemas elétricos (114,02 horas), manutenção preventiva (78,9 horas) e problemas mecânicos (76,55 horas), sugerindo a necessidade de uma abordagem mais estruturada para garantir a confiabilidade dos equipamentos e aprimorar os processos de manutenção. Além disso, paradas relacionadas à colagem de clichê interna (66,38 horas) e à falta do operador (59,18 horas) reforçam a importância de revisar os processos internos e a disponibilidade da equipe.

A escolha do tempo de paradas de máquina como métrica principal para este estudo se justifica pelo impacto direto na eficiência produtiva e no desempenho global da fábrica. Os dados analisados indicam que a máquina estudada opera com um nível elevado de indisponibilidade, prejudicando o ritmo produtivo e comprometendo a capacidade de atendimento da demanda. Esse cenário sugere que as paradas dessa máquina representam um fator crítico que limita a eficiência do setor de impressão.

Dessa forma, a redução dessas interrupções pode contribuir significativamente para o aumento da disponibilidade da máquina, elevando seu OEE e, conseqüentemente, melhorando o desempenho geral do setor de impressão e da fábrica como um todo.

Além disso, o impacto das paradas da impressora 203 se estende para toda a cadeia produtiva, aumentando a ociosidade em processos subsequentes, como o acabamento. Isso evidencia a necessidade de um fluxo produtivo mais equilibrado, no qual a sincronização entre os setores seja aprimorada para garantir a continuidade operacional e a redução de desperdícios. Com um fluxo de produção mais equilibrado e contínuo, há uma melhor utilização dos recursos disponíveis, resultando em um processo mais eficiente e competitivo.

O fluxo de materiais e informações também apresenta desafios, como gargalos na comunicação entre setores e dificuldades no fornecimento de insumos essenciais, como tinta, materiais e aditivos. A análise do estado atual permite visualizar esses problemas de forma estruturada e direcionar esforços para soluções que aperfeiçoem a logística interna, capacitem a equipe e padronizem processos, garantindo maior previsibilidade e eficiência operacional.

Com essa visão, torna-se possível implementar melhorias mais direcionadas e eficazes para aumentar a disponibilidade da impressora 203 e aprimorar o fluxo

produtivo. Entre os fatores críticos identificados ao longo do estudo, destaca-se a influência da qualidade da bobina utilizada e da complexidade dos designs impressos na velocidade de operação da máquina, aspectos que podem comprometer a estabilidade do processo produtivo.

Com base nas informações obtidas e nas análises realizadas, foram definidos planos de ação, definindo as etapas necessárias para a implementação das melhorias propostas.

4.3 MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO

Com base nos insights obtidos na análise do estado atual, evidenciou-se que a eficiência da impressora 203 é diretamente impactada por fatores como qualidade da bobina, complexidade dos layouts e tempo de setup. Dessa forma, foram definidas estratégias para mitigar os principais gargalos identificados e aprimorar a performance produtiva.

Seguindo a metodologia do VSM, foi elaborado um mapa do fluxo de valor futuro, representando um cenário aprimorado a partir das oportunidades identificadas. Esse mapeamento permitiu visualizar os benefícios esperados das mudanças, fornecendo um direcionamento estratégico para a evolução do sistema produtivo.

Com isso, foi elaborado o mapa do estado futuro (conforme Figura 13), com foco na redução de desperdícios, melhoria da eficiência da impressora 203 e minimização dos impactos das paradas de máquina.

A Figura 13 apresenta o mapa de valor futuro, no qual é possível observar que o tempo de ciclo da impressora 203 foi ajustado para 75 minutos. Esse ajuste, aliado às melhorias propostas, tem como objetivo aumentar a disponibilidade da máquina para aproximadamente 60%, reduzindo paradas não planejadas e tornando o processo mais produtivo.

A análise detalhada do processo demonstrou que, além do impacto do tempo de paradas, variações na qualidade da bobina e no controle dos parâmetros de impressão podem resultar em ajustes adicionais, reduzindo ainda mais a disponibilidade produtiva da impressora. Bobinas com rugas, baixa planicidade ou variações excessivas na gramatura exigem correções manuais e podem comprometer a qualidade da impressão, tornando o processo mais lento e sujeito a desperdícios.

Além disso, a complexidade dos layouts e a quantidade de cores utilizadas influenciam a velocidade da máquina, exigindo um controle mais rigoroso para garantir um fluxo produtivo eficiente. A falta de padronização na preparação dos clichês e no ajuste de tinta também contribui para ineficiências operacionais, sendo necessário um aprimoramento nos procedimentos internos.

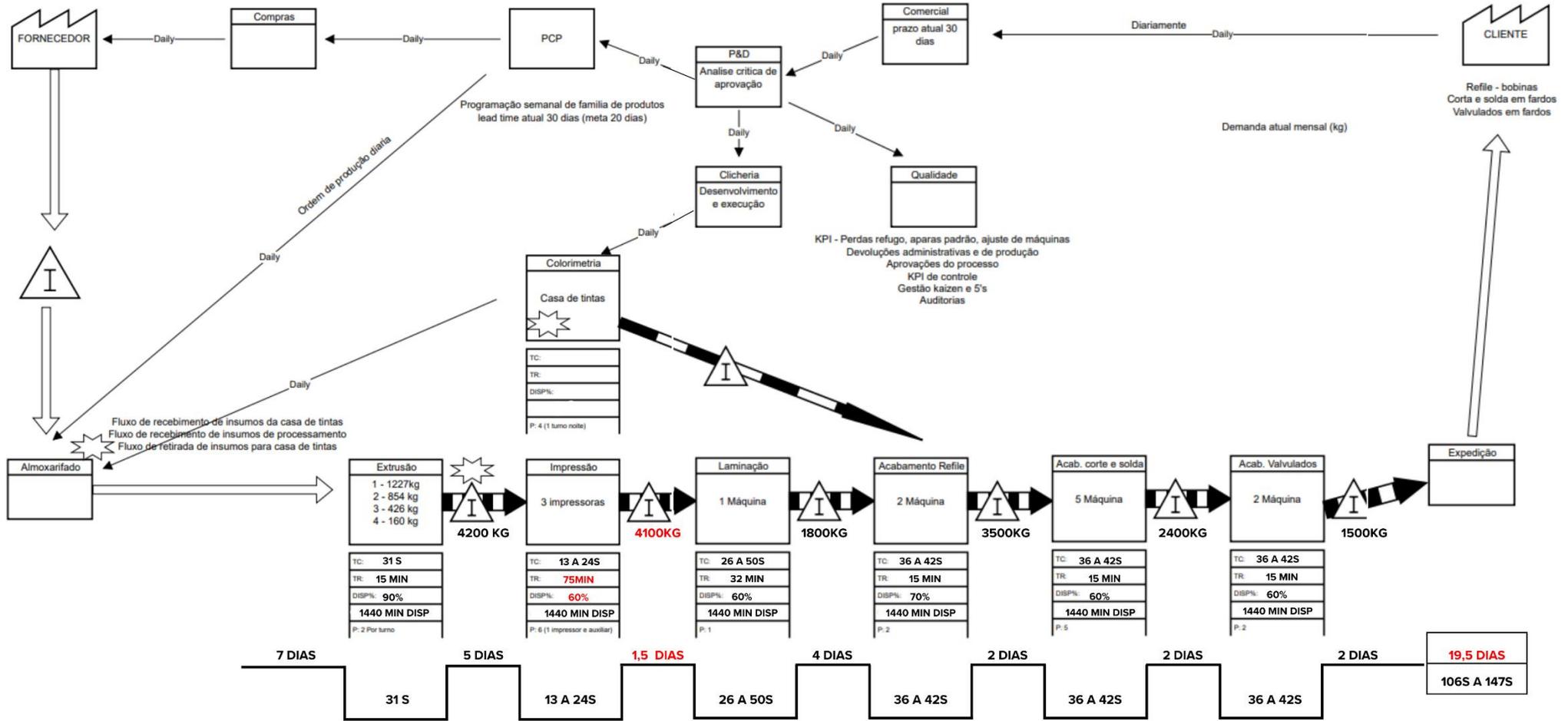
Diante dessas observações, foram estabelecidas principais estratégias de melhoria para o estado futuro do processo:

- Redução do tempo de setup: Aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para diminuir o tempo de troca e ajustes na impressora, aumentando a produtividade.
- Melhoria da manutenção preventiva: Fortalecimento do planejamento da manutenção para reduzir falhas inesperadas e minimizar o tempo de máquina parada por problemas mecânicos e elétricos.
- Padronização dos processos de impressão: Revisão e aprimoramento dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para ajustes de tinta, colagem de clichê e controle de qualidade, reduzindo a variabilidade e o retrabalho.
- Capacitação da equipe: Treinamentos sobre boas práticas na flexografia, específicos para operadores e equipes de suporte, melhorando a eficiência na execução de setups, ajustes e solução de problemas.
- Melhoria na gestão de insumos: Implementação de controles mais rigorosos para evitar interrupções na produção por falta de materiais, tintas e aditivos essenciais ao processo.
- Melhoria na programação da produção: Implementação de um sistema estruturado com base em lógica puxada e alinhamento diário entre PCP e operação, visando reduzir paradas por falta de planejamento e garantir maior fluidez no fluxo produtivo.
- Aprimoramento da comunicação interna: Redução de falhas de comunicação entre setores e eliminação de reuniões improdutivas, garantindo um fluxo de informações mais ágil e eficiente.

A redução do tempo de setup e a manutenção preventiva mais eficiente permitirão que a máquina opere de forma mais estável, enquanto a padronização dos processos e a capacitação da equipe garantirão maior previsibilidade e menor incidência de falhas operacionais. Com um processo mais enxuto e produtivo, a

empresa poderá garantir não apenas maior eficiência operacional, mas também uma melhoria na qualidade final dos produtos impressos e na confiabilidade dos prazos de entrega.

Figura 13 - Mapa do estado futuro



Fonte: A autora (2025).

4.4 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DE MELHORIA

A aplicação integral das melhorias enfrenta desafios operacionais e estruturais, como restrições de recursos e a necessidade de validação por diferentes setores da empresa. Por esse motivo, a implementação do estado futuro ocorrerá de forma gradual e adaptativa, conforme a viabilidade das iniciativas.

Dessa forma, o trabalho não apenas diagnostica o estado atual da operação, mas também propõe um referencial estratégico para a transformação contínua, garantindo que as melhorias sejam implementadas de maneira progressiva e eficaz.

O planejamento das ações de melhoria tem como principal objetivo o aperfeiçoamento do processo produtivo da impressora 203, com foco na redução de desperdícios e no aumento da eficiência operacional. A partir dessa análise, diversas ações de melhoria foram identificadas para aperfeiçoar o processo produtivo.

Uma das ações iniciais será um treinamento sobre análise de valor agregado, com o objetivo de capacitar os líderes a compreenderem esse conceito e identificarem as atividades que agregam ou não valor ao processo. Essa iniciativa visa à implementação de um KPI (sigla em inglês para *Key Performance Indicator*) para monitorar o percentual de valor agregado na execução das ordens de produção (OP), com o objetivo de reduzir desperdícios e melhorar o fluxo produtivo.

Paralelamente, será conduzida uma análise aprofundada dos indicadores de produtividade, incluindo tempos de setup, paradas, motivos de avarias e procedimentos operacionais padrão. Para isso, serão coletados e avaliados dados de POP's (Procedimentos Operacionais Padrão) de setup e processos, registros de paradas e históricos de produtividade do setor. Essa avaliação permitirá a identificação de falhas de padronização e excessos de processamento, proporcionando uma visão detalhada das oportunidades de melhoria e contribuindo para a redução do lead time.

Como estratégia de longo prazo, será implantado um indicador de Valor Agregado (VA) + *Saving*, inicialmente na impressão e, posteriormente, expandido para outros processos. O objetivo é garantir que mais de 70% do tempo das OP's seja dedicado a atividades que agregam valor. Para isso, será estabelecida uma rotina mensal de análise e auditoria, incluindo a quantificação de desperdícios e o cálculo dos ganhos obtidos. Essa iniciativa contribuirá para a consolidação de uma cultura de melhoria contínua e para o aumento da produtividade do setor.

Uma das áreas específicas a ser analisada será o valor agregado nos setups de impressão, com foco nas operações que demandam maior tempo e impactam diretamente o desempenho produtivo. A partir dessa observação, será possível padronizar procedimentos, eliminar atividades desnecessárias e definir tempos médios de execução, assegurando que os processos estejam dentro dos limites aceitáveis de segurança e qualidade.

Dentre as principais oportunidades de aprimoramento identificadas no setup da impressora, destacam-se:

- Seleção dos clichês: Atualmente, essa atividade é realizada internamente, durante o setup, o que gera um tempo de espera significativo. Como solução, propõe-se que a seleção seja antecipada para o setup externo, com os clichês organizados em suportes identificados próximos à máquina, reduzindo o tempo de inatividade.
- Corte e aplicação de fita adesiva: Durante a troca de bobinas, os operadores enfrentam dificuldades ao cortar e aplicar a fita adesiva. Sugere-se a instalação de suportes específicos para facilitar o manuseio e eliminar o tempo perdido na busca pela fita e no corte manual.
- Registro de pequenas paradas: Paradas para abastecimento e retirada de bobinas são registradas no sistema como parte do setup, dificultando a análise precisa do impacto dessas operações na produtividade. Para mitigar esse problema, recomenda-se a integração do sistema da impressora ao sistema de apontamento ou a instalação de sensores para monitoramento automático dessas movimentações.
- Retirada e instalação de clichês: O processo de troca dos clichês é realizado individualmente pelo operador, o que prolonga o tempo de setup. Uma alternativa viável é a divisão das tarefas entre operador e auxiliar, permitindo que a instalação ocorra simultaneamente em diferentes rolos, reduzindo o tempo total da operação.
- Retirada de aparas: Atualmente, a remoção de aparas é feita manualmente com o uso de estiletes, o que demanda tempo e esforço do operador. Como alternativa, sugere-se a aquisição de eixos reservas, possibilitando a retirada das aparas fora da máquina e eliminando essa interferência no fluxo produtivo.
- Alinhamento do tubete no setup: A necessidade de ajuste manual do tubete gera atrasos na retomada da produção. Recomenda-se a instalação de guias

laterais, que facilitem e padronizem o alinhamento, reduzindo significativamente o tempo dessa operação.

Além disso, será promovido um treinamento sobre a cultura Lean para os colaboradores, abordando os princípios do pensamento enxuto e os sete desperdícios presentes no fluxo produtivo, desde o pedido até a entrega. Esse treinamento será alinhado ao cronograma Kaizen da empresa, estimulando a participação ativa dos funcionários na identificação e implementação de melhorias.

Como parte das estratégias para fortalecimento da cultura de melhoria contínua, sugere-se a implementação de um quadro de ideias em uma área estratégica e de fácil acesso para os operadores. Esse quadro servirá como um espaço para o registro de desperdícios identificados e sugestões de melhorias, incentivando a participação ativa dos colaboradores na busca por melhorias contínuas nos processos. Os registros serão analisados periodicamente, servindo como direcionamento para a implementação de ações Kaizen e permitindo a quantificação dos ganhos obtidos por meio das melhorias propostas.

Além disso, será realizado um monitoramento detalhado das atividades de setup, com o registro de observações em todos os turnos. Esse acompanhamento poderá ser documentado por meio de filmagens ou descrições técnicas detalhadas, permitindo uma análise mais precisa dos tempos incidentais e desperdícios e fornecendo subsídios para futuras melhorias no processo produtivo.

Dessa forma, a implementação dessas ações contribuirá para a padronização dos processos, a redução de desperdícios e a melhoria contínua do desempenho produtivo da impressora 203, garantindo um fluxo operacional mais eficiente e alinhado às diretrizes de excelência da empresa.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS

Após o diagnóstico do processo produtivo, foi realizada uma reunião com os responsáveis pelo setor de impressão para definir ações prioritárias. O plano de ação foi estruturado a partir da identificação das principais oportunidades de melhoria, priorizando atividades que impactassem diretamente a eficiência operacional.

Embora o planejamento tenha identificado uma série de melhorias, a implementação das ações de aperfeiçoamento deve ser realizada de forma

estratégica, considerando as restrições operacionais e de recursos da empresa. A seguir, detalha-se o processo de implementação com base nas prioridades estabelecidas, levando em conta as limitações e os ganhos esperados.

Inicialmente, formou-se uma equipe de trabalho composta pelo gestor de produção, líderes de produção, colaboradores responsáveis pelo apontamento de dados e execução dos setups, além da equipe de qualidade, que forneceu suporte na análise dos procedimentos operacionais padrão (POPs) e nos desvios de qualidade relacionados ao processo.

Em seguida, foi realizado um levantamento detalhado das operações envolvidas no setup da impressora 203, categorizando as atividades conforme a metodologia de Shingo (1996):

- Setup interno: atividades que só podem ser executadas com a máquina parada.
- Setup externo: atividades que podem ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento.

Para mensurar os tempos e identificar os principais pontos de melhoria, conduziu-se uma cronometragem detalhada das etapas do setup, permitindo mapear com precisão os fatores que contribuem para perdas produtivas e variações no processo.

Durante essa análise, identificou-se que a troca de bobinas era contabilizada no sistema de apontamento como parte do setup. Em uma das medições, verificou-se que essa atividade demandava, em média, 15 minutos. Considerando que ocorrem aproximadamente de 15 a 20 abastecimentos de bobinas, esse tempo acumulado representa um impacto significativo na disponibilidade da máquina. Apesar dessa constatação, a implementação de melhorias foi limitada por alguns fatores, como a necessidade de treinamento adicional e a alocação de recursos para a modificação dos processos existentes.

Diante dessa constatação, concluiu-se que um dos principais fatores de impacto no setup era o tempo de troca de bobinas. Assim, focou-se na redução máxima dessa atividade, analisando e mensurando suas etapas para identificar o que agrega ou não valor. O detalhamento dessa análise pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Detalhamento de atividades para troca de bobina na impressora 203

Nº	Atividade	Valor	Tempo	Ação
1	Identificação do término da bobina em uso	Incidental	00:00:30	Reduzir
2	Apontamento do início da parada	Não agrega	00:00:30	Eliminar
3	Corte do filme restante	Incidental	00:02:30	Reduzir
4	Pesagem e apontamento de apara	Não agrega	00:01:00	Eliminar
5	Transporte da apara para baia de aparas	Não agrega	00:01:00	Eliminar
6	Busca da nova bobina	Não agrega	00:03:00	Eliminar
7	Posicionamento da nova bobina no eixo	Incidental	00:01:00	Reduzir
8	Ajuste e fixação da bobina no eixo	Não agrega	00:01:00	Eliminar
9	Emenda da nova bobina	Agrega	00:00:30	Manter
10	Pegar tubo da bobina e levar para saída da impressora	Incidental	00:01:00	Reduzir
11	Alinhar tudo para ajustar tubo na saída da impressora	Incidental	00:01:00	Reduzir
12	Realizar ajustes de máquina	Agrega	00:01:30	Manter
13	Apontar fim da parada	Não agrega	00:00:30	Eliminar
14	Reinício da operação	Incidental	00:01:00	Reduzir

Fonte: A autora (2025).

Para aperfeiçoar essa etapa, foi implementada a utilização de um eixo reserva, possibilitando a preparação antecipada da bobina enquanto a máquina ainda está em

operação. Com essa estratégia, a troca passou a demandar apenas o tempo necessário para a parada da máquina e substituição das bobinas, reduzindo o tempo total para aproximadamente 5 minutos, como vemos na Tabela 4.

Tabela 4 – Detalhamento de atividades para troca de bobina com o segundo eixo

Nº	Atividade	Valor	Tempo	Ação
1	Identificação do término da bobina em uso	Incidental	00:00:30	Reduzir
2	Apontamento do início da parada	Não agrega	00:00:30	Eliminar
3	Troca do eixo com a bobina nova já posicionada	Incidental	00:01:00	Reduzir
4	Emenda da nova bobina	Agrega	00:00:30	Manter
5	Realizar ajustes de máquina	Agrega	00:01:30	Manter
6	Apontar fim da parada	Não agrega	00:00:30	Eliminar
7	Reinício da operação	Incidental	00:01:00	Reduzir

Fonte: A autora (2025).

A implementação do segundo eixo reduziu significativamente o tempo de troca de bobina, passando de aproximadamente 15 minutos para 5 minutos. Essa redução tem um impacto direto na eficiência operacional da impressora 203, especialmente considerando a frequência dessas trocas ao longo do dia.

Além disso, enquanto o operador reinicia a produção, o ajudante pode remover eventuais restos de bobina do eixo anteriormente utilizado e realizar o apontamento da apara, deixando o equipamento pronto para a próxima troca. Essa reorganização do fluxo de trabalho minimiza o tempo de máquina parada e reduz desperdícios, promovendo um processo mais eficiente.

No entanto, é importante ressaltar que, embora a utilização do eixo reserva tenha proporcionado uma redução significativa no tempo de troca de bobinas, algumas limitações ainda precisam ser abordadas. Por exemplo, a necessidade de

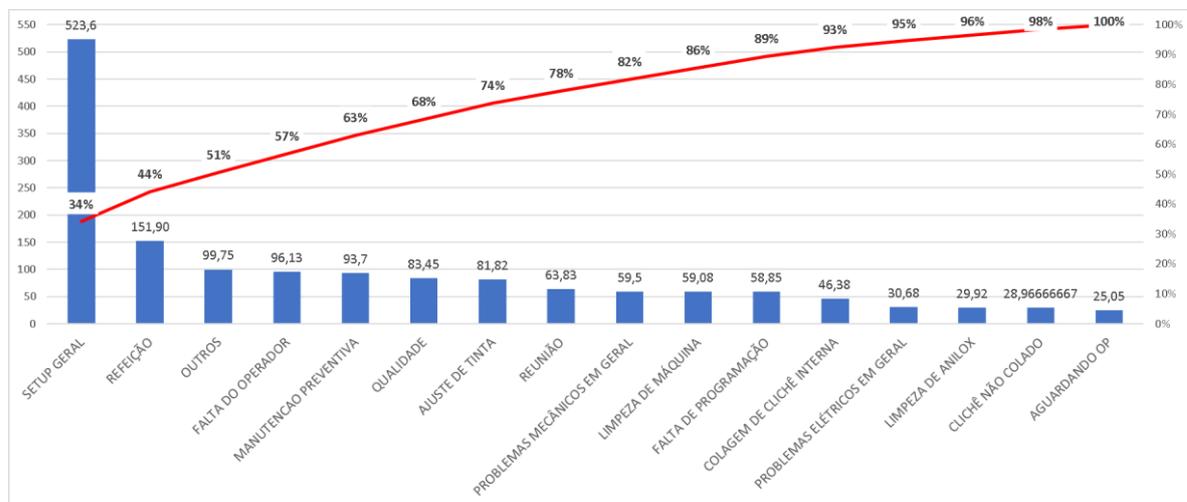
uma maior padronização nos procedimentos de troca pode impactar a sustentabilidade dessas melhorias a longo prazo.

Para garantir o registro preciso das trocas de bobinas e seus impactos no setup, foram propostas as seguintes medidas:

- Registro sistemático das paradas no sistema de apontamento, assegurando maior confiabilidade nos dados coletados;
- Avaliação da integração do sistema da impressora ao sistema de apontamento ou implementação de sensores de rotação no eixo da bobina impressa, possibilitando a mensuração automática dessas paradas.

Com essas ações, buscou-se a redução significativa do tempo total de setup da impressora 203, garantindo maior padronização do processo, redução de desperdícios e melhoria na eficiência produtiva. Tais questões podem ser analisadas através do gráfico de Pareto, apresentado na Figura 14, no qual revela a coleta de dados após a implementação (entre julho e dezembro de 2024).

Figura 14 - Distribuição por motivo de parada da impressora 203 de julho a dezembro



Fonte: A autora (2025).

A implementação das melhorias propostas trouxe impactos significativos na eficiência produtiva, especialmente na redução do tempo de parada da impressora 203. A análise comparativa dos tempos acumulados antes e depois das ações de melhoria evidencia avanços importantes na redução de perdas produtivas, particularmente no tempo de setup e em problemas mecânicos.

A principal melhoria observada foi na categoria Setup Geral, que reduziu de 643,55 horas para 523,6 horas, representando uma diminuição de 18,6%. Essa redução está diretamente relacionada ao aprimoramento do processo de troca de bobinas, com a introdução do eixo reserva, permitindo a preparação antecipada enquanto a máquina ainda estava em operação. Além disso, a reorganização do fluxo de trabalho, com uma divisão mais eficiente de tarefas entre operadores e ajudantes, minimizou o tempo de máquina parada e reduziu desperdícios.

Outro fator de grande impacto foi a redução de problemas mecânicos em geral, que passou de 76,55 horas para 59,48 horas, uma diminuição de 22,3%. Essa melhoria sugere que ajustes nos procedimentos de manutenção corretiva e preventiva foram eficazes, reduzindo a ocorrência de falhas que comprometiam a operação. Da mesma forma, o tempo de colagem de clichê interna caiu de 66,38 horas para 46,38 horas, refletindo uma melhoria na padronização do processo e maior agilidade na execução dessa atividade.

A falta de programação, um fator crítico para a eficiência do setor, foi reduzida de 156,72 horas para 58,85 horas, uma expressiva queda de 62,5%. Esse resultado indica um avanço na organização e planejamento da produção, garantindo que os setups fossem realizados com maior previsibilidade, evitando esperas desnecessárias.

Além disso, os problemas elétricos em geral apresentaram uma redução de 73,1%, caindo de 114,02 horas para 30,68 horas, o que sugere que medidas corretivas aplicadas à infraestrutura elétrica foram bem-sucedidas em minimizar falhas e oscilações que impactavam a produtividade.

Entretanto, apesar das melhorias obtidas, algumas categorias apresentaram aumento no tempo de parada. O tempo relacionado à falta de operador cresceu, passando de 59,18 horas para 96,13 horas, um aumento de 62,4%, possivelmente indicando desafios relacionados à disponibilidade de mão de obra ou à necessidade de maior agilidade na substituição.

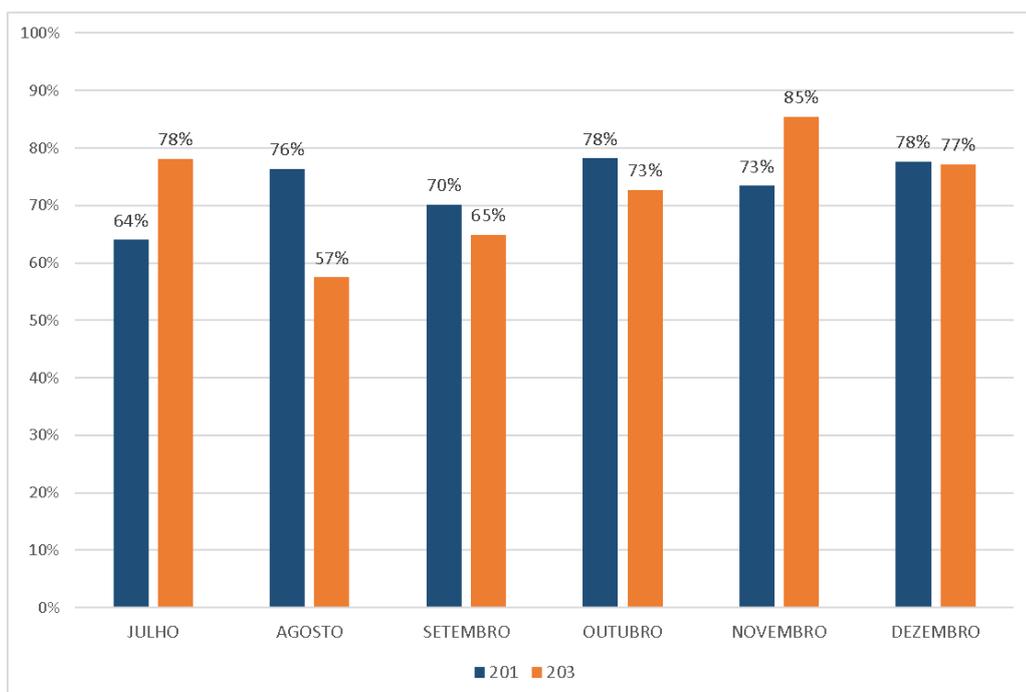
Outro ponto que merece atenção é o tempo atribuído à qualidade, que aumentou de 40,07 horas para 83,45 horas, mais do que dobrando. Esse crescimento pode estar relacionado a uma maior exigência nos critérios de inspeção e aprovação, garantindo um nível superior de conformidade dos produtos, o que, apesar do impacto no tempo de máquina parada, pode contribuir para uma redução de desperdícios e retrabalho. No entanto, o aumento expressivo no tempo de ajuste de tinta, de 6,16

horas para 81,82 horas, um crescimento de 1.227%, indica uma necessidade de investigação mais detalhada sobre possíveis inconsistências no processo de formulação e aplicação de tintas. Esse fator pode estar relacionado a variações na viscosidade, diferenças entre lotes ou ajustes frequentes devido a novos padrões de cores exigidos pelo cliente.

Em uma visão macro, considerando o período de janeiro a junho, a impressora 203 registrou um total de 1.731,68 horas de parada. Já no segundo semestre, de julho a dezembro, período em que as melhorias começaram a ser implementadas, esse tempo caiu para 1.532,61 horas, representando uma redução de 11,5%. Esse dado reforça a efetividade das ações aplicadas na mitigação de tempos ociosos, contribuindo para um aumento na disponibilidade do equipamento e, conseqüentemente, uma maior produtividade.

As mudanças implementadas foram decisivas na redução do tempo de setup e na minimização de falhas mecânicas e elétricas, impactando positivamente o desempenho da impressora 203. Como ilustrado na Figura 15, houve um aumento significativo no OEE da máquina, refletindo os ganhos obtidos na gestão do tempo produtivo.

Figura 15 - Eficiência Global do Equipamento (OEE), por impressora, após melhorias



Fonte: A autora (2025).

A Figura 15 evidencia a evolução do OEE da impressora 203 ao longo dos meses, demonstrando o impacto positivo das melhorias aplicadas. A eficiência média da máquina passou de 67,8% no primeiro semestre para 73% no segundo, um avanço expressivo. Esse aumento comprova que, apesar das restrições orçamentárias e da impossibilidade de implementar todas as ações planejadas, as iniciativas adotadas — como a aplicação do SMED, a revisão dos POPs e o reforço na manutenção preventiva — foram fundamentais para melhorar o desempenho do equipamento e reduzir o tempo de paradas não planejadas.

Ainda assim, algumas categorias de perda apresentaram variações que indicam oportunidades adicionais de melhoria. Entre elas, destaca-se a necessidade de aprimorar a gestão do tempo dos operadores, padronizar os ajustes de tinta e aperfeiçoar os processos de controle de qualidade. A manutenção do monitoramento desses fatores será essencial para consolidar os ganhos já obtidos e avançar na busca contínua por maior eficiência operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar as paradas de máquina no setor de impressão da empresa e propor melhorias para elevar a disponibilidade da impressora 203, identificada como o principal gargalo produtivo. A análise detalhada do OEE evidenciou que essa máquina apresentava um desempenho inferior em comparação com as demais impressoras, impactando diretamente a eficiência do setor e o fluxo produtivo da empresa como um todo.

Este diagnóstico inicial estabeleceu uma base sólida para a aplicação do Lean Manufacturing (LM) e do Value Stream Mapping (VSM), abordando diretamente a pergunta de pesquisa.

A partir da coleta e estratificação dos dados referentes ao período de janeiro a junho de 2024, foi possível compreender os principais fatores que influenciavam negativamente a operação. A aplicação dos princípios do Lean Manufacturing e, em especial, a utilização do VSM como ferramenta de diagnóstico permitiu uma visão holística do processo produtivo. O VSM possibilitou identificar os pontos críticos de desperdício e as principais restrições do fluxo produtivo, sendo essencial para direcionar as ações de melhoria com maior precisão e embasamento.

Portanto, o VSM não apenas elucidou os desperdícios existentes, mas também se mostrou uma metodologia eficaz para aperfeiçoar o fluxo de produção, alinhando-se perfeitamente à proposta do estudo e à busca por redução de desperdícios no contexto da indústria de embalagens plásticas flexíveis.

O estudo demonstrou que a qualidade da bobina utilizada e a complexidade dos designs impressos eram elementos críticos para o tempo de processamento. Além disso, a falta de padronização nos processos de ajuste e setup, somada a falhas de planejamento na manutenção preventiva, contribuía para o aumento das paradas não planejadas.

Esses pontos críticos foram prioritariamente abordados nas melhorias implementadas, considerando as diretrizes do LM e a necessidade de um mapeamento mais preciso dos fluxos de valor, como destacado no VSM.

Diante dessas descobertas, foram implementadas ações de melhoria focadas na melhoria dos processos sem necessidade de investimentos financeiros, priorizando mudanças operacionais e organizacionais baseadas nos princípios do Lean Manufacturing. Entre as principais iniciativas adotadas, destacam-se:

- Aplicação do SMED para reduzir o tempo de setup, diminuindo a ociosidade da máquina durante trocas de produto e ajustes operacionais;
- Revisão e padronização dos POPs, garantindo maior previsibilidade e eficiência nas atividades dos operadores;
- Reforço na manutenção preventiva, reduzindo falhas inesperadas e prolongando o tempo de operação contínua da impressora;
- Treinamentos para a equipe de operação, promovendo um melhor entendimento das melhores práticas de ajuste, detecção de problemas e solução rápida de falhas;
- Melhoria na comunicação entre setores, reduzindo o tempo perdido com falhas no repasse de informações e retrabalho devido a desencontros operacionais.

A partir dessas ações, foi alcançada uma redução de 199,07 horas, equivalente a 11,5% no tempo total de máquina parada, refletindo diretamente no aumento da disponibilidade produtiva da impressora 203 e na melhoria da eficiência do setor como um todo.

Essa redução não apenas responde à questão de como o LM pode ser aplicado no setor de impressão, mas também valida o impacto direto do VSM na identificação e eliminação de desperdícios. A aplicação do Lean Manufacturing provou que ganhos expressivos podem ser obtidos sem grandes investimentos financeiros, apenas por meio do aprimoramento dos processos e do melhor aproveitamento dos recursos existentes.

Além disso, este estudo reforçou a eficácia do VSM como ferramenta estratégica para diagnóstico e melhoria contínua. O Mapa de Fluxo de Valor foi fundamental para a identificação e priorização das perdas ao longo do processo produtivo, demonstrando sua aplicabilidade prática no contexto industrial.

O VSM, ao identificar os gargalos e desperdícios específicos do processo de impressão, foi crucial para a adaptação do LM à realidade da empresa de embalagens plásticas flexíveis, confirmando sua eficácia na busca por uma produção mais eficiente. O VSM não apenas proporcionou uma visão clara do estado atual do fluxo produtivo, mas também permitiu a definição de um estado futuro aperfeiçoado, alinhado às melhores práticas do Lean Manufacturing.

Entretanto, nem todas as sugestões de melhoria puderam ser aplicadas no momento. Algumas propostas demandavam orçamento adicional ou dependiam de

ajustes estruturais e tecnológicos que ainda não eram viáveis para a empresa. Porém, as limitações observadas não comprometem os ganhos já alcançados com a aplicação do LM e do VSM, mostrando que melhorias podem ser feitas com recursos limitados, desde que bem direcionadas.

A implementação de um controle mais avançado para a qualidade das bobinas, por exemplo, exigiria investimentos em sensores ou equipamentos específicos, o que não foi possível dentro das restrições atuais. Da mesma forma, a automação de algumas etapas do processo de impressão exigiria reestruturações que ainda não puderam ser viabilizadas.

Dessa forma, para futuras melhorias, sugere-se:

- Adoção de um controle mais rigoroso da qualidade das bobinas antes da impressão, minimizando impactos na produtividade devido a problemas de planicidade e rugas.
- Investimento em tecnologia para monitoramento da produtividade da impressora em tempo real, permitindo a detecção precoce de falhas e a atuação imediata na correção de problemas.
- Automatização parcial do processo de setup, reduzindo ainda mais o tempo de troca e ajustes.
- Implementação de um sistema de análise de dados mais estruturado, permitindo um acompanhamento mais detalhado das ocorrências ao longo do tempo.

Além das contribuições práticas para a empresa analisada, este estudo possui relevância acadêmica ao reforçar a aplicabilidade do Lean Manufacturing e do VSM na indústria. Os resultados obtidos não apenas demonstram a eficácia das ferramentas no setor de impressão, mas também ampliam o entendimento sobre como o LM, por meio do VSM, pode ser adaptado a diferentes contextos industriais, como o de embalagens plásticas flexíveis.

A pesquisa evidencia como essas ferramentas podem ser utilizadas de forma estruturada para identificar desperdícios, propor melhorias de baixo custo e aumentar a eficiência operacional. Os resultados obtidos reforçam que a busca por um processo produtivo mais enxuto e eficiente não depende exclusivamente de grandes investimentos, mas sim de um olhar crítico sobre as operações e da aplicação de metodologias adequadas.

Portanto, conclui-se que a melhoria da eficiência produtiva pode ser alcançada com iniciativas estratégicas de gestão e aprimoramento de processos, sem a necessidade de investimentos elevados. A aplicação do Lean Manufacturing, aliada ao uso do VSM, demonstrou ser um método eficaz para identificar e eliminar desperdícios, proporcionando uma operação mais estável e eficiente.

Este estudo contribui para o entendimento de como o LM pode ser efetivamente adaptado a diferentes contextos industriais, especialmente na área de embalagens plásticas flexíveis, oferecendo insights valiosos para futuras pesquisas e aplicações industriais. Os insights gerados por este estudo poderão servir de base para futuras pesquisas e aplicações industriais, contribuindo para a evolução das práticas de melhoria contínua no contexto produtivo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J., et al. **Sistemas de produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). **Estudo ABRE macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo**. [S. l.], 2023. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2023-2/>>. Acesso em: 16 dez. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). **Estudo ABRE macroeconômico da embalagem: Desempenho da indústria de embalagem em 2017 e perspectivas para 2018**. [S. l.], 2017. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2017/>>. Acesso em: 14 abril 2025.
- BADHOTIYA, G. K. *et al.* Lean manufacturing in the last decade: insights from published case studies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 35, n. 4, p. 766–798, 27 set. 2024.
- BAKRI, M. Implementing Lean Tools to Streamline Banking Operations: A Case Study of a Small Lebanese Bank. **Management Studies and Economic Systems**, v. 4, n. 2, p. 131–144, 2019.
- BONFANTE, M.C. Mapeamento de fluxo de valor como método para a manufatura sustentável: pesquisa-ação em uma empresa produtora de embalagens flexíveis. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – POSMEC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2016.
- CÂNDIDO, C. V. L. *et al.* **Plano de gerenciamento integrado de resíduos plásticos: PGIRP**. Belo Horizonte: Fundação Israel Pinheiro, 2009.
- CANGEMI, J. M. *et al.* **Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos**. Química Nova na Escola, 2005. p. 17-21.
- GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-In-Time. In: **Revista Produção - ABEPRO**, v. 5, n. 2, 1995.
- GONÇALES, M. F.; SILVA, R. G.; PIRES, S. R. I.; **Aumentando a Sustentabilidade do Processo Através da Aplicação de Lean manufacturing na Recepção as Cana-de-açúcar**. In: VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2016.
- GUIMARÃES, L. S., *et al.* A utilização do diagrama de identificação de desperdícios em substituição ao mapa de fluxo de valor: Estudo de caso em uma fábrica de concentrados de refrigerantes. **Produto & Produção**, v. 16, n. 3, p. 01-10, 2015.
- IMAI, M. **Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success**. McGraw-Hill Education, 1986.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LUDWICZAK, A. Using lean government in improvement of the services in public administration on the example of Marshal's Office in Lubuskie voivodeship.

European Journal of Service Management, v. 26, p. 145–153, 2018.

MAIA, R. D. A. *et al.* **O Value Stream Mapping e sua relação com os princípios da abordagem enxuta: Proposição de uma sistemática expandida para a gestão do lead time**. In: ENGEP, São Paulo, 2010.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

MORDOR INTELLIGENCE. **Packaging Market in Brazil Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030)**. 2024. Mordor Intelligence Research & Advisory. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/packaging-industry-in-brazil>>. Acesso em: 17 jan. 2025

NETTO, R. **5 princípios do Lean Manufacturing para uma indústria (na prática)**. 2020. Disponível em: <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/principios-do-lean-manufacturing/>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

REIS, C.; FARIA, M.; MARCIANO, V. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor (VSM) em uma linha de produção de latas para bebidas. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 10, p. 19, 2016.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003

SÁ, J. C.; CARVALHO, J. D.; SOUSA, R. M. **Waste identification diagrams**. In: Proceedings of the 6th Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique, 2011.

SALGADO, E. G., *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, n. 3, p. 344-356, 2009.

SARTRE, JP. **O Existencialismo é um Humanismo**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

SINGH, J.; SINGH, H. Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 1, p. 171-210, 2020.

SCHORN, G.; SEIDEL, A. Identificação dos gaps de uma unidade de manufatura utilizando o VSM para atender uma nova estratégia de negócio: Um estudo de caso

em uma empresa de revestimento têxtil. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 2, 2015.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SMITH, S. Muda, Muri and Mura. **ASQ Six Sigma Forum Magazine**, v. 13, n. 2, p. 36, 2014.

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

USMAN, I. Lean hospital management implementation in health care service: A multicase study. **Systematic Reviews in Pharmacy**, v. 11, n. 3, p. 361–367, 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma: Introdução às ferramentas do lean manufacturing**. 2^a ed. [8^a Reimp.] Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2024.