



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Rafael Zaghini

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PUXADO
PARA REDUÇÃO DE *LEAD TIME*: um estudo de caso em uma agroindústria de
hortaliças**

Florianópolis
2026

Rafael Zaghini

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PUXADO
PARA REDUÇÃO DE *LEAD TIME*:** um estudo de caso em uma agroindústria de
hortaliças

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia de Produção Civil do Centro
Tecnológico da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do título
de Engenheiro Civil, habilitado em Produção

Orientador:
Prof.(a) Dr.(a) Artur Santa Catarina

Florianópolis
2026

Zaghini, Rafael

Avaliação do potencial de implementação de um sistema puxado para redução de lead time: : Um estudo de caso em uma agroindústria de hortaliças / Rafael Zaghini ; orientadora, Artur Santa Catarina, 2026.

123 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

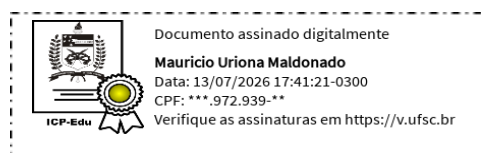
1. Engenharia de Produção Civil. 2. Produção Puxada. 3. Agroindústria de hortaliças. I. Catarina, Artur Santa. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Civil. III. Título.

Rafael Zaghini

Avaliação do potencial de implementação de um sistema puxado para redução de lead time: Um estudo de caso em uma agroindústria de hortaliças

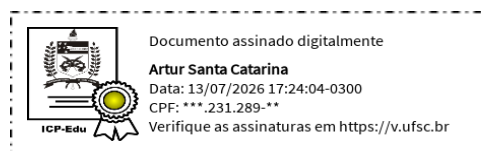
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção com habilitação em Engenharia de Produção e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil.

Florianópolis, 02 de julho de 2026.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Artur Santa Catarina

Prof. Guilherme Ernani Vieira
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2026.

Dedico este trabalho a Deus, que me concedeu sabedoria e perseverança para chegar até aqui. À minha família, pelo amor, apoio e confiança incondicionais em toda essa jornada. Aos meus amigos, que tornaram esse caminho mais leve com seu companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder sabedoria, perseverança e sustento ao longo de toda esta caminhada. Sem Ele, nada disso seria possível. À minha família, meu porto seguro.

À minha mãe, Simone Comar, pelo apoio incondicional e confiança depositada em mim durante toda a minha jornada na faculdade, pelas orações que fez e pelas inúmeras orientações que me deram força para seguir em frente. Ao meu pai, Adriano Zaghini, pelo apoio, suporte financeiro e conselhos pertinentes que me ajudaram a manter o foco nos estudos, no trabalho e no temor a Deus. Aos meus irmãos, Mariana e Felipe Zaghini, pelo amor e amizade que tornaram essa caminhada mais leve.

À minha namorada, Lorena Furlan, que esteve ao meu lado durante grande parte da faculdade, me auxiliando nos momentos de pressão, com seu companheirismo e palavras de confiança que me lembravam que eu era capaz de enfrentar todos os desafios que estavam por vir. Aos amigos que compartilharam comigo os desafios e as conquistas ao longo dessa trajetória.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por proporcionar aulas enriquecedoras, amizades, oportunidades — tanto de trabalho quanto de estudo — e desafios que contribuíram para minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Artur Santa Catarina, por sua parceria ao longo deste ano de construção do TCC, pelos feedbacks precisos, pelo senso de urgência e pelas ideias que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

*"Combati o bom combate, completei a corrida,
gardei a fé." (2 Timóteo 4:7)*

RESUMO

Este estudo analisa o potencial de aplicação dos princípios do Lean Manufacturing, com ênfase no Sistema Puxado e no Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), em uma agroindústria de hortaliças localizada na Grande Florianópolis — SC. O setor de vegetais minimamente processados enfrenta desafios críticos de gestão devido à alta perecibilidade dos insumos e à instabilidade do fluxo produtivo frente a oscilações de demanda. A pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa-ação de natureza projetiva, utilizando o MFV como ferramenta central para o diagnóstico do estado atual e a proposição de um estado futuro fundamentado no fluxo contínuo e na gestão visual. O diagnóstico inicial revelou um cenário de produção empurrada com *lead time* total de 2.376,50 minutos, baixa eficiência de agregação de valor (0,067%) e elevado volume de inventário em processo (WIP), totalizando 51,2 caixas em fila. A análise identificou o processo de corte como o gargalo principal, com tempo de ciclo superior ao *takt time* de 20,05 segundos. A proposição do estado futuro baseou-se no redesenho das etapas operacionais em células de trabalho e no dimensionamento técnico de supermercados de matéria-prima e trilhos FIFO. Os resultados projetados indicam um potencial de redução de 41,8% no *lead time* total, caindo para 1.383,33 minutos, e uma eliminação de 87,5% do volume de WIP. Conclui-se que a transição para o sistema puxado permitiria elevar o giro de estoque mensal de 13,29 para 22,87, atuando como um mecanismo estratégico para a preservação do shelf-life e o fortalecimento da segurança alimentar através da velocidade de giro dos produtos.

Palavras-chave: Sistema Puxado; *Lean Manufacturing*; Agroindústria de hortaliças; *Lead Time*; Mapeamento do Fluxo de Valor.

ABSTRACT

This study analyzes the potential application of Lean Manufacturing principles, with emphasis on the Pull System and Value Stream Mapping (VSM), in a vegetable agroindustry located in Greater Florianópolis — SC. The minimally processed vegetable sector faces critical management challenges due to the high perishability of inputs and production flow instability regarding demand fluctuations. The research is characterized as projective action research, using VSM as the central tool for diagnosing the current state and proposing a future state based on continuous flow and visual management. The initial diagnosis revealed a push production scenario with a total lead time of 2,376.50 minutes, low value-added efficiency (0.067%), and a high volume of work-in-process (WIP), totaling 51.2 boxes in queue. The analysis identified the cutting process as the main bottleneck, with a cycle time exceeding the takt time of 20.05 seconds. The future state proposition was based on redesigning operational steps into work cells and the technical dimensioning of raw material supermarkets and FIFO lanes. The projected results indicate a potential 41.8% reduction in total lead time, falling to 1,383.33 minutes, and an 87.5% elimination of WIP volume. It is concluded that the transition to a pull system would allow increasing the monthly inventory turnover from 13.29 to 22.87, acting as a strategic mechanism for shelf-life preservation and strengthening food safety through product turnover speed.

Keywords: Pull System; Lean Manufacturing; Vegetable agroindustry; Lead Time; Value Stream Mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo dos cinco princípios do pensamento Lean	24
Figura 2 – Matriz de similaridade de processos	27
Figura 3 – Exemplo de análise de work content para aplicação do critério dos 30%	28
Figura 4 – Representação do Tempo de Ciclo (Cycle Time)	31
Figura 5 – Representação de Tempo de Agregação de Valor (TAV) e Atividades Auxiliares (AT)	32
Figura 6 – Representação do Lead Time	33
Figura 7 – Representação do changeover time	34
Figura 8 – Exemplo de caixa do cliente	35
Figura 9 – Exemplo de caixa de processo	35
Figura 10 – Representação do fluxo de material externo no MFV	36
Figura 11 – Representação do fluxo de material empurrado e estoques intermediários	37
Figura 12 – Representação do fluxo de informação no Mapeamento do Fluxo de Valor	38
Figura 13 – Representação do fluxo de informação eletrônico no Mapeamento do Fluxo de Valor	38
Figura 14 – Representação da linha do tempo no Mapeamento do Fluxo de Valor	39
Figura 15 – Exemplo de um Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual	40
Figura 16 – Exemplo de um Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Futuro	42
Figura 17 – Representação do kaizen flash	43
Figura 18 – Loops de implementação no estado futuro do MFV com Kaizen Flash	43
Figura 19 – Representação de célula operando em fluxo contínuo	44
Figura 20 – Comparação entre balanceamento tradicional e opção Lean (GBO)	45
Figura 21 – Selecionando o processo puxador (pacemaker) no sistema puxado	46
Figura 22 – Exemplo de cartão Kanban de produção	47
Figura 23 – Funcionamento do supermercado em sistema puxado	48
Figura 24 – Exemplo de Heijunka Box (nivelamento da produção)	50
Figura 25 - Ícone para nivelamento no MFV	50
Figura 26 – Ícones e simbologias utilizadas no Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	51
Figura 27 – Evolução das vendas de hortaliças beneficiadas na Hortifuturo	60
Figura 28 – Curva ABC de vendas da Hortifuturo (Agosto/2024 a Março/2025)	69
Figura 29 – Fluxograma do Processo Produtivo	70
Figura 30 – Mapa do Fluxo de Valor - Estado Atual (VSM)	82
Figura 31 – Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO)	83
Figura 32 – Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) - Estado Futuro	89
Figura 33 – Terminal de acesso ao sistema de pedidos na sala de expedição.	91
Figura 34 – Quadro Kanban de controle de produção com sinalização por cores.	92
Figura 35 – Cesto Kanban para reposição de matéria-prima por família de	

produtos.

93

Figura 36 – Gráfico de comparação de balanceamento entre o estado atual e futuro

106

LISTA DE QUADROS

Nenhum quadro foi utilizado até o momento

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados informativos do Mapeamento do Fluxo de Valor	67
Tabela 2 — Estoques ao longo do fluxo produtivo	68
Tabela 3 — Linha do tempo: Tempo de Agregação de Valor (VA) e lead time por processo	71
Tabela 4: Parâmetros Operacionais do Fluxo de Valor – Estado Futuro	84
Tabela 5: Linha do Tempo: VA e Lead Time por Processo (Estado Futuro)	85
Tabela 6: Dimensionamento do Supermercado de Matéria-Prima	88
Tabela 7: Composição do Lead Time de Reposição	93
Tabela 8: Dimensionamento do Supermercado de Produtos Acabados	94
Tabela 9: Comparativo de Desempenho: Estado Atual e Estado Futuro	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
FIFO	<i>First-In, First-Out</i> (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair)
GBOP (<i>Graph of Balanced Operations</i>)	Quadro de Balanceamento de Operações (<i>Graph of Balanced Operations</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KPI	Indicador-chave de Desempenho (<i>Key Performance Indicator</i>)
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MP	Matéria-prima
OEE	Eficiência Global do Equipamento (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
PIB	Produto Interno Bruto
SC	Santa Catarina
TC	Tempo de Ciclo
TR	Tempo de Resposta (<i>Lead Time</i>)
VSM	Mapeamento do Fluxo de Valor (<i>Value Stream Mapping</i>)
WIP	Trabalho em Processo (<i>Work-in-Process</i>)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. OBJETIVOS	19
1.2. JUSTIFICATIVAS	19
1.3. DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	20
2. REVISÃO TEÓRICA	22
2.1. FILOSOFIA LEAN E PENSAMENTO ENXUTO	22
2.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	24
2.2.1. Seleção da família de produtos	25
2.2.2. Mapa do estado atual	29
2.2.2.1. Metodologia de diagnóstico e métricas de desempenho	29
2.2.2.2. Simbologia e representação gráfica dos fluxos	34
2.2.3. Mapa do estado futuro	40
2.2.4. Planejamento para atingir o estado futuro	43
2.3. FLUXO CONTÍNUO E SISTEMA PUXADO	44
2.4. LEAN NA AGROINDÚSTRIA DE HORTALIÇAS	52
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	59
3.2. A EMPRESA OBJETO DO ESTUDO DE CASO: HORTIFUTURO	59
3.3. ETAPAS DA PESQUISA	60
3.3.1. O método de estudo de caso segundo Cauchick Miguel (2007)	61
3.3.2. Condução da pesquisa na Hortifuturo	63
3.3.2.1. Diagnóstico do fluxo produtivo	64
3.3.2.2. Análise e identificação de oportunidades	65
3.3.2.3. Planejamento do sistema puxado	65
3.3.2.4. Detalhamento dos mecanismos operacionais do sistema puxado	66
3.3.2.5. Análise comparativa: estado atual vs. estado futuro	66
4. RESULTADOS	68
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS	68
4.2. DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL	70
4.2.1. Dinâmica do fluxo de beneficiamento	70
4.2.2. Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	74
Tabela 1 – Dados informativos do Mapeamento do Fluxo de Valor	77
Tabela 2 – Estoques ao longo do fluxo produtivo	78
Tabela 3 – Linha do tempo: Tempo de Agregação de Valor (VA) e lead time por processo	81
4.2.3. Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO)	83
4.3. PROPOSIÇÃO DO ESTADO FUTURO	85
4.3.1. Diretrizes para o redesenho do fluxo	85
4.3.2. Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	87
Tabela 4 – Parâmetros Operacionais do Fluxo de Valor – Estado Futuro	95
Tabela 5 – Linha do Tempo: VA e Lead Time por Processo (Estado Futuro)	96
4.4. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO FLUXO FUTURO	97

4.4.1. Dimensionamento do supermercado de matéria-prima	97
Tabela 6 – Dimensionamento do Supermercado de Matéria-Prima	99
4.4.2. Dimensionamento dos trilhos FIFO entre processos	99
4.4.3. Dimensionamento do supermercado de produtos acabados	103
Tabela 7 – Composição do Lead Time de Reposição	103
Tabela 8 – Dimensionamento do Supermercado de Produtos Acabados	105
4.5. ANÁLISE COMPARATIVA	105
4.5.1. Redução do lead time e ganhos no fluxo produtivo	105
Tabela 9 – Comparativo de Desempenho: Estado Atual e Estado Futuro	108
4.5.2. Discussão sobre a aplicabilidade do Lean na agroindústria	109
5. CONCLUSÕES	112
5.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO	113
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICE A - Matriz de Familiaridade de Processos e Agrupamento de Famílias (Critério de 80%)	118
APÊNDICE B - Memória de Cálculo do Conteúdo de Trabalho e Variabilidade de Tempos (Critério de 30%)	120
APÊNDICE C - Relatório Consolidado de Vendas, Share de Mercado e Volumetria (Agosto/2024 a Março/2025)	121

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro mantém posição estratégica na economia nacional e na segurança alimentar, respondendo por 23,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do país e movimentando cerca de R\$ 2,72 trilhões em 2024 (CNA; CEPEA, 2025). Dentro desse setor, a agroindústria apresentou crescimento no período recente, impulsionada pela transformação e agregação de valor aos produtos agrícolas, refletindo a ampliação das atividades industriais e dos serviços associados à cadeia do agronegócio (CNA; CEPEA, 2025).

Empresas especializadas em processamento mínimo têm ganhado destaque no mercado brasileiro, atuando nas etapas de seleção, higienização, corte, embalagem e distribuição de hortaliças prontas para consumo. Segundo Finger *et al.* (2023), esse segmento tem se consolidado como um nicho em expansão, impulsionado pela demanda crescente por alimentos frescos, práticos e com padrões sanitários mais rigorosos. Essa evolução acompanha mudanças no perfil de consumo identificadas por Silva *et al.* (2023), que apontam o fortalecimento das operações de beneficiamento como resposta à busca por conveniência e segurança alimentar. De acordo com o Hortifruti Brasil (2023), a retomada do consumo per capita de hortaliças reforça essa tendência, evidenciando a relevância econômica e operacional das atividades agroindustriais dentro da cadeia de hortaliças.

Em Santa Catarina, observa-se também a expansão das atividades de beneficiamento e industrialização de hortaliças, acompanhando o avanço do segmento de processamento mínimo no país. O Boletim Técnico nº 225 da Epagri/Cepa (2024) aponta que a industrialização de produtos hortícolas no estado vem ganhando representatividade, impulsionada pelo aumento do volume beneficiado e pela ampliação da demanda por alimentos frescos prontos para consumo. Esse fortalecimento da agroindustrialização exige processos produtivos mais organizados, capazes de assegurar rastreabilidade, controle sanitário e redução de desperdícios, fatores essenciais para manter a qualidade e a eficiência operacional no beneficiamento. Conforme destacado por Silva *et al.* (2023), operações de processamento mínimo demandam padronização e estabilidade de fluxo para

atender às exigências crescentes de segurança alimentar e previsibilidade logística.

Com a expansão das atividades agroindustriais e a necessidade crescente de maior eficiência operacional, estudos têm evidenciado o uso de metodologias oriundas do pensamento enxuto (*Lean Thinking*) como alternativa para enfrentar desafios estruturais do setor. A adoção de ferramentas *Lean* em cadeias agrícolas e agroalimentares tem sido associada à eliminação de desperdícios, à melhoria da eficiência produtiva, ao aumento da previsibilidade do fluxo produtivo e à melhoria da ergonomia do trabalhador, especialmente em ambientes marcados pela variabilidade da matéria-prima e pela perecibilidade dos produtos (XAVIER et al., 2024; CARRIJO, 2024; LOPES; CRUZ; SANTOS, 2025). Essas evidências reforçam a adequação dos princípios Lean a processos de beneficiamento de hortaliças, nos quais a natureza perecível dos produtos exige controle rigoroso do fluxo, redução de perdas e operações organizadas para assegurar qualidade e estabilidade.

Com o avanço da produção e a crescente necessidade de processos mais estáveis e previsíveis, destaca-se o potencial do Sistema Puxado (*Lean Pull System*) como estratégia para organizar o fluxo de materiais conforme a demanda real, reduzindo estoques intermediários e evitando desperdícios ao longo das etapas de beneficiamento. Sistemas puxados sincronizam as operações a partir do consumo real, estabelecendo um ritmo produtivo baseado na reposição efetivamente necessária em cada etapa, contribuindo para a estabilidade operacional ao diminuir a variabilidade entre processos e melhorar a previsibilidade do fluxo ao alinhar produção e demanda (ROTHER; SHOOK, 1999; LIKER, 2021; SLACK et al., 2015). Esses elementos podem contribuir para assegurar qualidade, consistência e competitividade no beneficiamento de hortaliças, onde a perecibilidade dos produtos exige controle rigoroso do fluxo e redução de perdas ao longo do processamento.

Este estudo trata das práticas do pensamento enxuto aplicadas ao contexto agroindustrial de hortaliças, marcado por aumento da demanda, variabilidade operacional e limitações de capacidade. Sendo assim, o problema de pesquisa consiste em avaliar em que medida o Sistema Puxado

pode contribuir para a redução do lead time e melhoria do fluxo produtivo no processo de beneficiamento de hortaliças em uma agroindústria.

1.1. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar o potencial do Sistema Puxado (*Lean Pull System*) para redução do *lead time* e melhoria do fluxo produtivo no processo de beneficiamento de hortaliças em uma agroindústria.

Para alcançar esse objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar o fluxo produtivo atual do processo de beneficiamento de hortaliças, identificando suas etapas e indicadores operacionais.
- b) Identificar os principais gargalos, desperdícios e fatores de instabilidade do fluxo produtivo e seus efeitos sobre a produtividade.
- c) Projetar o estado futuro do fluxo produtivo com Sistema Puxado a partir do Mapeamento do Fluxo de Valor.
- d) Estimar a redução do lead time decorrente da transição do sistema empurrado para o sistema puxado .
- e) Identificar os fatores facilitadores, limitações e aprendizados decorrentes da adoção do Sistema Puxado no contexto agroindustrial estudado.

1.2. JUSTIFICATIVAS

A relevância deste estudo fundamenta-se na necessidade crítica de otimização operacional em um setor marcado pela alta perecibilidade e pela variabilidade inerente à matéria-prima biológica. No contexto de uma agroindústria de hortaliças minimamente processadas, a eficiência do fluxo produtivo é determinante para a manutenção da qualidade e do frescor do produto final entregue ao consumidor, exigindo um controle rigoroso do tempo de passagem.

Sob a perspectiva operacional, a pesquisa justifica-se pela oportunidade de diagnosticar desperdícios e gargalos que elevam o lead time e geram estoques intermediários desnecessários. A transição de um sistema de produção empurrado para um sistema puxado apresenta-se como uma

solução técnica para sincronizar o beneficiamento com a demanda real, minimizando perdas por vencimento de shelf-life e assegurando maior agilidade e estabilidade ao fluxo de valor.

No âmbito acadêmico, o trabalho contribui para o campo da Engenharia de Produção ao abordar a escassez de estudos e trabalhos publicados que relacionem o pensamento enxuto (*Lean Thinking*) especificamente ao beneficiamento de hortaliças. Embora o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) seja uma ferramenta consolidada na manufatura tradicional, sua aplicação prática e o detalhamento de fluxos puxados em agroindústrias de vegetais processados ainda representam uma lacuna na literatura técnica.

Dessa forma, a análise dos fatores facilitadores e das limitações desta implementação oferece subsídios práticos para a estabilização de processos em ambientes de alta variabilidade, servindo como referência para a aplicação de metodologias enxutas em cadeias produtivas de alimentos frescos.

1.3. DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

A presente pesquisa delimita-se, quanto ao objeto de estudo, ao fluxo de beneficiamento de hortaliças de uma agroindústria localizada na Grande Florianópolis, concentrando-se especificamente na família de produtos composta por Folhosas Higienizadas e Picadas. Esta escolha justifica-se por representarem os itens de maior giro (*runners*) e compartilharem recursos produtivos similares. Sob o aspecto teórico, o trabalho restringe-se à aplicação das ferramentas de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) e aos conceitos de Sistema Puxado (*Lean Pull System*) para o diagnóstico e proposição de melhorias operacionais.

Adicionalmente, o estudo estabelece um recorte temporal com coleta de dados primários realizada entre agosto de 2024 e março de 2025. A análise foca estritamente na eficiência do fluxo produtivo interno e na redução de tempos de passagem, não abrangendo avaliações de viabilidade financeira, impactos tributários ou custos de implementação. Delimita-se, ainda, ao ambiente fabril de beneficiamento, desconsiderando as etapas de

cultivo agrícola (campo) e a logística externa de distribuição aos pontos de venda.

Uma outra delimitação fundamental desta pesquisa refere-se à infraestrutura física da unidade produtiva. O estudo foi desenvolvido sob a premissa da manutenção do *layout* original da agroindústria, não contemplando propostas que exijam reformas estruturais, mudanças na disposição física das máquinas ou alterações na arquitetura do galpão. Dessa forma, as melhorias propostas concentram-se exclusivamente na lógica de gestão do fluxo, na sincronização entre etapas e na organização do sistema produtivo dentro das restrições espaciais já existentes.

No que tange às limitações, o estudo encontra restrições quanto à natureza preditiva dos resultados projetados. Devido ao cronograma da pesquisa e à complexidade de estabilização de novos processos, os indicadores de redução de lead time e giro de estoque constituem projeções matemáticas fundamentadas em tempos de ciclo validados, não representando medições de um sistema em regime permanente de longo prazo após meses de estabilização. Além disso, o dimensionamento dos níveis de estoque de segurança baseou-se em médias históricas, não contemplando testes de estresse sob condições extremas de quebras de safra severas ou sazonalidades atípicas.

Por fim, esclarece-se que os resultados obtidos são específicos para o processamento de folhosas e não podem ser aplicados automaticamente a outros produtos da empresa, como raízes ou legumes pesados. Isso ocorre porque esses itens possuem processos de fabricação diferentes e utilizam máquinas distintas (como descascadores e raladores), o que cria um ritmo de produção e gargalos que não foram mapeados nesta pesquisa. Portanto, as conclusões deste trabalho são válidas apenas para o fluxo de vegetais folhosos aqui analisado.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. FILOSOFIA LEAN E PENSAMENTO ENXUTO

A filosofia *Lean*, conforme descrevem Womack e Jones (2003), constitui um modelo de gestão orientado pela eliminação sistemática de desperdícios e pela criação contínua de valor ao cliente. Essa concepção é reforçada pelo Lean Enterprise Institute (2025), que define o pensamento enxuto como uma abordagem voltada a “maximizar o valor entregue ao cliente enquanto se minimiza o desperdício”. Liker (2005) acrescenta que o *Lean* não se limita a um conjunto de ferramentas produtivas, mas representa uma filosofia organizacional que integra propósito, processos e pessoas em um sistema de aprimoramento constante, sustentado por decisões de longo prazo e pelo desenvolvimento das capacidades humanas. Essa estrutura é sintetizada nos quatro pilares interdependentes: *Philosophy, Process, People & Partners* e *Problem Solving*, que conectam a estratégia empresarial à prática operacional. Leite (2015) complementa que o pensamento Lean direciona a cultura organizacional à eficiência e ao aprendizado, ao propor a execução disciplinada de processos que eliminem perdas e promovam resultados sustentáveis com o uso racional de recursos.

O pensamento enxuto (*Lean Thinking*) aprofunda essa filosofia ao sistematizar seus fundamentos em princípios gerenciais que permitem compreender e melhorar continuamente os processos. Os cinco princípios fundamentais do pensamento Lean, formulados por Womack e Jones (2003), constituem a base conceitual dessa abordagem e orientam a construção de sistemas produtivos estáveis, sincronizados e voltados à geração de valor. São eles: a) definir o valor sob a ótica do cliente; b) identificar o fluxo de valor; c) fazer o valor fluir continuamente; d) permitir que o cliente puxe o fluxo de valor e e) buscar a perfeição. Esses princípios compõem uma sequência lógica e interdependente que conduz à eficiência sistêmica e à eliminação progressiva dos desperdícios (*muda*), das variações (*mura*) e das sobrecargas (*muri*) (WOMACK; JONES, 2003; LIKER, 2005).

O princípio a), definir valor, estabelece que o ponto de partida de qualquer processo deve ser a percepção do cliente. Valor é tudo aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar, entregue na quantidade, qualidade e

momento adequados (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2025). Essa concepção desloca o foco da produtividade interna para o propósito de atender com precisão às expectativas do consumidor, tornando o cliente o verdadeiro norteador das decisões produtivas.

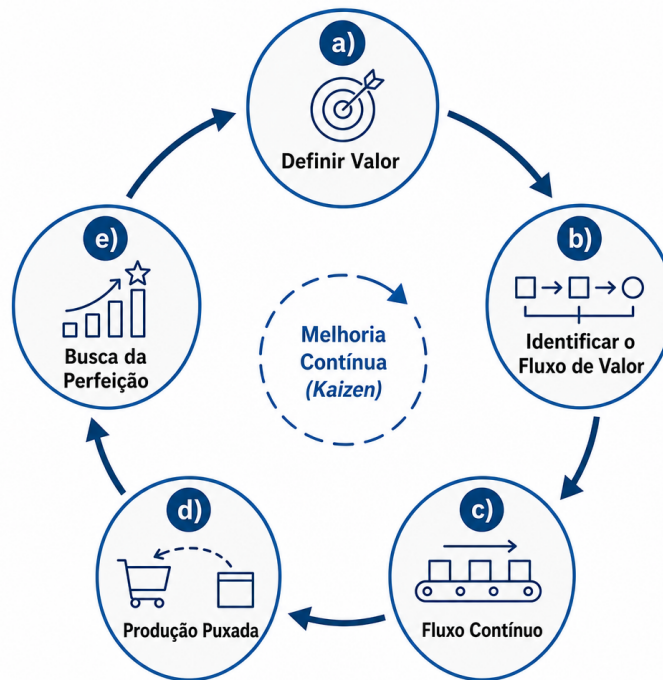
O princípio b), identificar o fluxo de valor, propõe mapear todas as etapas, desde a entrada de insumos até a entrega final, a fim de distinguir as atividades que agregam valor daquelas que não agregam (ROTHER; SHOOK, 2003). Essa análise torna visível o fluxo de informações e materiais, permitindo reconhecer gargalos e desperdícios que comprometem o desempenho global do sistema.

O princípio c), fazer o valor fluir continuamente, baseia-se na construção de processos estáveis e previsíveis. Para Liker (2005), o fluxo contínuo é um dos fundamentos da excelência operacional, pois a interrupção, o retrabalho ou o acúmulo entre etapas representam perdas que devem ser eliminadas. A fluidez do processo está relacionada à padronização e ao balanceamento das operações, elementos que reduzem variações e asseguram ritmo estável de trabalho.

O princípio d), permitir que o cliente puxe o fluxo de valor, define que a produção deve ser ativada pela demanda real, e não por previsões de consumo. Slack et al. (2015) explicam que, ao substituir o modelo empurrado (*push*) pelo modelo puxado (*pull*), a organização sincroniza o ritmo produtivo com as necessidades do mercado, minimizando estoques e superprodução.

O princípio e), buscar a perfeição, encerra o ciclo de melhoria contínua e traduz o ideal de aprendizado permanente. Liker (2005) descreve a perfeição como um estado de progresso constante, em que o aprimoramento é incorporado à rotina e sustentado pela participação das pessoas em todos os níveis. Essa prática, conhecida como *Kaizen*, pressupõe disciplina, padronização e análise sistemática das causas dos problemas. A busca pela perfeição não tem fim: cada avanço revela novas oportunidades de aperfeiçoamento, consolidando uma cultura de aprendizado organizacional (ROTHER, 2012). A integração e a sequência lógica desses cinco princípios podem ser visualizadas na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo dos cinco princípios do pensamento Lean



Fonte: Adaptado de Womack e Jones (1996)

De acordo com Rother (2012), Dennis (2007) e Bhasin (2012), a aplicação integrada desses princípios configura o pensamento enxuto como um sistema de gestão completo, que equilibra eficiência operacional, estabilidade e aprendizado organizacional. Essa integração reflete a natureza sistêmica do *Lean*, em que o desempenho de processos depende do engajamento das pessoas e do fortalecimento de uma cultura de melhoria contínua. Dennis (2007) destaca que o *Lean* é simultaneamente um modelo técnico e humano, pois o aprimoramento dos resultados só se sustenta quando acompanhado do desenvolvimento das pessoas. Bhasin (2012) reforça que a maturidade *Lean* ocorre quando seus princípios deixam de ser práticas isoladas e passam a compor a identidade gerencial da organização, unindo desempenho, aprendizado e propósito comum.

2.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

A operacionalização dos princípios do pensamento *Lean* ocorre por meio de ferramentas que permitem visualizar, medir e aperfeiçoar os fluxos de valor dentro das organizações, conforme destacam Liker (2005) e Dennis

(2007). Essas ferramentas viabilizam a conversão dos princípios enxutos em práticas gerenciais concretas, promovendo a eliminação de desperdícios e a criação de valor sob a ótica do cliente, como afirmam Womack e Jones (2003). Entre elas, o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* – VSM) é reconhecido por Rother e Shook (2003) como a espinha dorsal da gestão Lean, por representar graficamente o fluxo de materiais e informações necessários à entrega de um produto ou serviço. Segundo os autores, o VSM tem como finalidade tornar o fluxo visível e identificar as atividades que agregam e não agregam valor, fornecendo subsídios para o redesenho de processos mais enxutos e sincronizados. Womack e Jones (2003) reforçam que o VSM materializa o segundo princípio do pensamento Lean, isto é, identificar o fluxo de valor, ao traduzir visualmente as etapas que compõem o processo e evidenciar desperdícios passíveis de eliminação. Para Shingo (1996), tais desperdícios (*muda*), juntamente com as variações (*mura*) e sobrecargas (*muri*), constituem as principais barreiras à eficiência dos sistemas produtivos. Ferro (2006) complementa que o VSM deve ser entendido como uma ferramenta de raciocínio sistêmico, capaz de revelar as inter-relações entre o fluxo físico, o fluxo de informação e a gestão, servindo como ponto de partida para a construção de um sistema de produção coerente com os princípios *Lean*.

Mais do que uma representação gráfica, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) constitui um processo estruturado de análise e raciocínio sistêmico, que permite compreender de forma integrada o comportamento dos fluxos de materiais e informações em um sistema produtivo (DUGGAN, 2018; WOMACK; JONES, 2012). O processo de elaboração do MFV estrutura-se em quatro etapas interdependentes: a seleção da família de produtos, a construção do mapa do estado atual, o desenvolvimento do mapa do estado futuro e o planejamento para atingir o estado futuro, conforme detalhado a seguir (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.2.1. Seleção da família de produtos

A etapa inicial desse processo consiste na definição da família de produtos ou serviços a ser estudada, decisão que, segundo Rother e Shook (2003) e Erlach (2013), orienta toda a estrutura e a confiabilidade do

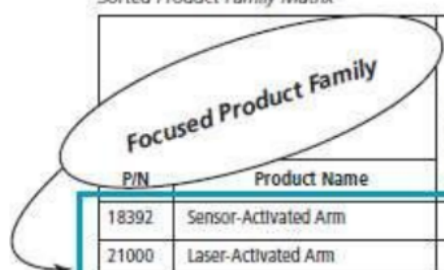
mapeamento. Rother e Shook (2003) e Erlach (2013) destacam que o MFV deve representar um fluxo homogêneo, formado por produtos que percorrem etapas semelhantes de processamento e compartilham recursos produtivos, tempos e rotas comparáveis. Essa definição é essencial para evitar distorções na análise, pois o mapeamento de fluxos muito distintos pode gerar interpretações imprecisas e propor melhorias descoladas da realidade operacional (FERRO, 2006; ERLACH, 2013). Além da similaridade entre processos, Ferro (2006) salienta que a definição da família deve também considerar características de demanda, volume e frequência de produção, garantindo que o mapa represente fielmente o ritmo operacional e a variabilidade do processo. Womack e Jones (2012) complementam que essa clareza é indispensável para 'ver o todo', isto é, compreender de forma sistêmica como os fluxos se interconectam e onde se encontram os principais gargalos de valor. Assim, conforme destacam Rother e Shook (2003) e Ferro (2006), essa definição não constitui apenas uma etapa introdutória, mas o fundamento analítico que assegura a precisão e a utilidade de todo o Mapeamento do Fluxo de Valor, servindo como ponto de partida para a identificação dos critérios que guiarão sua escolha e delimitação.

Para operacionalizar a definição de famílias de produtos, Duggan (2018) propõe um método estruturado conhecido como método 80/30, desenvolvido especificamente para ambientes de produção em modelos mistos, nos quais a variedade de produtos torna mais complexa a identificação de fluxos homogêneos. A primeira etapa desse método consiste na avaliação da similaridade das etapas do processo, ou downstream processing, exigindo que os produtos compartilhem pelo menos 80% das operações relevantes para o fluxo analisado (DUGGAN, 2018, p. 63–65). Para operacionalizar essa análise, o autor propõe o uso de uma *Product Family Matrix*, que relaciona cada produto às etapas de processamento por meio de marcações visuais; essa estrutura permite identificar rapidamente padrões de comunalidade e agrupamentos tecnicamente coerentes. Martin e Osterling (2007) destacam que a análise de similaridade de processos é essencial para garantir a integridade do fluxo mapeado, enquanto Erlach (2013) argumenta que apenas produtos com rotas altamente coincidentes podem gerar mapas representativos. A Figura 2, adaptada de Duggan (2018),

exemplifica esse procedimento, evidenciando a seleção de uma família de produtos baseada no percentual mínimo de similaridade entre as etapas produtivas.

Figura 2 – Matriz de similaridade de processos

EMC Supply Company
Sorted Product Family Matrix



P/N	Product Name	Hand Debur	Paint	Weld	Mechanical Assy.	Electrical Assy.	Final Assy.	Configure & Test	Ship	Family
18392	Sensor-Activated Arm	X	X	X	X	X	X	X	X	A
21000	Laser-Activated Arm	X	X	X	X	X	X	X	X	A
22020	Manually Activated Arm	X	X	X	X	X	X	X	X	A
28121	Barcode Diverter Piston	X	X	X	X	X	X	X	X	A
30000	Barcode Diverter Arm	X	X	X	X	X	X	X	X	A
31000	Sensor-Activated Piston	X	X	X	X	X	X	X	X	A
31666	Laser Diverter	X	X	X	X	X	X	X	X	A
38200	Laser-Activated Piston	X	X	X	X	X	X	X	X	A
42005	Manually Activated Piston	X	X	X	X	X	X	X	X	A
12834	XS2 Servo Motor		X			X		X	X	B
21032	Manual Servo Motor		X			X		X	X	B
21042	Manual Servo Motor II		X			X		X	X	B
24783	XS3 Servo Motor		X			X		X	X	B
32220	XS4 Servo Motor		X			X		X	X	B
35599	Auto Servo Motor		X	X		X		X	X	B
19283	Photoelectric Detector		X			X		X	X	C
19299	Ionization Detector		X	X		X		X	X	C
23756	Fiber Optic Visual Sensor		X	X	X	X		X	X	C
25030	Radon Detector		X			X		X	X	C
34556	Carbon Monoxide Detector		X		X	X		X	X	C
45890	Motion Detector		X			X		X	X	C

Fonte: Adaptado de Duggan (2018, p. 64)

Após a identificação preliminar da similaridade de processos, Duggan (2018) recomenda a aplicação da segunda etapa do método 80/30, centrado na avaliação do conteúdo de trabalho (*work content*) dos produtos selecionados. Esse conteúdo corresponde ao somatório dos tempos de processamento ao longo das etapas comuns do fluxo e deve apresentar variação máxima de 30% entre os produtos pertencentes à mesma família (DUGGAN, 2018, p. 70–72). A consistência dessa etapa é ilustrada na Figura 3, na qual os tempos de trabalho são listados por operação, permitindo

calcular a amplitude relativa entre o maior e o menor valor por meio da equação (1) apresentada por Duggan (2018, p. 71):

$$\text{Variação percentual} = \frac{(\text{maior valor} - \text{menor valor}) * 100}{\text{maior valor}} \quad \text{Eq. 1}$$

Figura 3 – Exemplo de análise de *work content* para aplicação do critério dos 30%

Arms & Pistons Product Family		Hand Debur	Paint	Weld	Mechanical Assy.	Electrical Assy.	Final Assy.	Configure & Test	Ship	Total
Product Code	Product Name									
A	Sensor-Activated Arm	30	60	45	90	140	130	110	X	605
B	Laser-Activated Arm	30	60	30	60	140	100	110	X	530
C	Manually Activated Arm	45	60	40	120	150	90	100	X	605
D	Barcode Diverter Piston	30	60	35	90	180	140	110	X	645
E	Barcode Diverter Arm	60	60	45	100	180	105	105	X	655
F	Sensor-Activated Piston	30	60	40	85	105	90	90	X	500
G	Laser-Activated Piston	30	60	35	150	130	140	200	X	745
H	Manually Activated Piston	30	60	35	80	145	100	100	X	550
I	Laser Diverter	30	60	40	240	300	240	80	X	990
X	Custom Orders	30	60	30	120	160	105	110	X	615

Note: All times are in seconds.

Fonte: Adaptado de Duggan (2018, p. 71)

Segundo Erlach (2013), a análise do *work content* é necessária porque diferenças significativas nos tempos de processamento podem comprometer o planejamento nivelado e interferir na capacidade de estabelecer ritmos operacionais estáveis. Ferro (2006) destaca que a comparação padronizada entre conteúdos de trabalho é fundamental para manter a coerência analítica do MFV, especialmente em ambientes com mix variado de produtos. Dessa forma, a literatura converge ao apontar que a utilização simultânea dos dois critérios propostos por Duggan (2018), 80% de similaridade no processo e 30% de compatibilidade no conteúdo de trabalho, permite definir famílias de produtos com características operacionais suficientemente homogêneas para que possam ser representadas em um único fluxo de valor (DUGGAN, 2018; ERLACH, 2013; FERRO, 2006).

2.2.2. Mapa do estado atual

Rother e Shook (2003) definem o mapa do estado atual como a primeira etapa prática do Mapeamento do Fluxo de Valor, cuja finalidade é representar com precisão como o processo opera no momento presente. Essa representação deve ser construída a partir da observação direta no *gemba*. De acordo com Liker (2005), *gemba* refere-se ao “local real onde o trabalho acontece”, ou seja, o ambiente em que materiais se movimentam, atividades são executadas e informações são acionadas para coordenar a produção. A importância dessa etapa reside em sua capacidade de revelar, de maneira integrada, os fatores que influenciam o desempenho do fluxo. Erlach (2013) descreve o estado atual como um diagnóstico sistêmico capaz de tornar visíveis elementos como tempos de processamento, estoques em processo e padrões de coordenação entre operações. Para Womack e Jones (2012), o mapa do estado atual possibilita compreender como os fluxos de material e de informação se articulam para atender à demanda, oferecendo a base empírica necessária para o redesenho de sistemas produtivos alinhados aos princípios *Lean*.

2.2.2.1. Metodologia de diagnóstico e métricas de desempenho

A construção do estado atual demanda o acompanhamento direto do fluxo real de materiais e informações ao longo de todas as etapas do processo. Rother e Shook (2003) explicam que essa etapa envolve observar o percurso do material desde seu ponto de entrada até a entrega ao cliente e, simultaneamente, registrar como as informações são geradas, comunicadas e utilizadas para liberar ordens e controlar o ritmo de produção. Ferro (2006) ressalta que o foco deve recair sobre o processo tal como ocorre, permitindo identificar comportamentos operacionais que não aparecem em documentações formais. Shingo (1996) afirma que a análise direta dos tempos, das movimentações, das esperas e das variações possibilita compreender as causas estruturais dos desperdícios e das instabilidades do fluxo. Erlach (2013) complementa que a coleta sistemática de dados, como tempos de ciclo, quantidades em processo, estoques intermediários, tempos

de espera e padrões de comunicação, é essencial para compor uma representação fidedigna do funcionamento global do sistema.

Rother e Shook (2003, p. 14) orientam explicitamente que o mapeamento do estado atual seja iniciado a partir do ponto mais próximo do cliente. Os autores afirmam:

Comece pela expedição final e em seguida nos processos anteriores, ao invés de começar pela área de recebimento de materiais e andar pelos fluxos posteriores. Desta forma, você começará pelos processos que estão mais diretamente ligados ao consumidor, o que deveria definir o ritmo para os processos anteriores (Rother; Shook, 2003, p. 14).

Essa recomendação está alinhada ao princípio *Lean* de que o valor é definido pela ótica do cliente, conforme estabelecido por Womack e Jones (2003), o que implica que o fluxo deve ser analisado a partir das operações que respondem diretamente à demanda. A partir dessa perspectiva orientada pela demanda, os indicadores centrais do estado atual, em especial o *takt time*, tornam-se essenciais para interpretar o fluxo sob o ritmo estabelecido pelo cliente (ROTHER; SHOOK, 2003; ERLACH, 2013).

Erlach (2013) explica que o *takt time* corresponde à taxa de produção necessária para atender à demanda do cliente, expressa como o tempo disponível por unidade produzida com base diretamente na taxa média de vendas. O autor ressalta que o cálculo do *takt* considera os dias efetivos de operação da fábrica e o tempo diário de trabalho, do qual devem ser descontados períodos de descanso ou indisponibilidade operacional. A relação entre tempo disponível e demanda é formalizada pelo autor na equação que define o *takt time* como a razão entre o tempo de trabalho disponível e a demanda diária do cliente, representado pela equação (2):

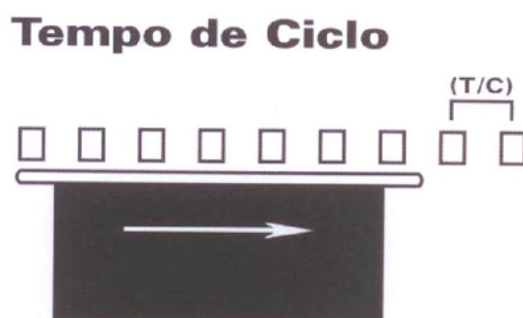
$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo diário efetivo de produção}}{\text{demanda diária do cliente}} \quad \text{Eq. 2}$$

Womack e Jones (2003) reforçam que o *takt* expressa o intervalo máximo permitido entre unidades produzidas para atender às necessidades do consumidor, tornando-se o parâmetro que orienta o ritmo de todo o sistema Lean. Rother e Shook (2003) destacam que o *takt time* traduz a voz do cliente em um valor numérico capaz de sincronizar a produção com a

demanda. Esse indicador estabelece o compasso operacional do fluxo, evitando superprodução e revelando desequilíbrios quando comparado ao tempo de ciclo das operações, constituindo a base analítica para a avaliação da capacidade e da estabilidade do fluxo produtivo (LIKER, 2005; ERLACH, 2013).

Rother e Shook (2003) definem o tempo de ciclo, também conhecido como *cycle time*, como o intervalo necessário para que uma peça atravessasse um processo segundo o ritmo observado no gembu, refletindo o desempenho efetivo da operação. Na mesma direção, Duggan (2018) descreve o tempo de ciclo como a frequência com que uma unidade sai do processo ou, alternativamente, como o tempo que o operador leva para executar todos os elementos de trabalho antes de repeti-los. Erlach (2013) enfatiza que o *cycle time* expressa a capacidade disponível do processo em condições contínuas de operação, sem interrupções por *setups* ou distúrbios, indicando inclusive os limites nos quais o *takt time* pode ser atendido para cumprir a demanda do cliente. A Figura 4, adaptada de Rother e Shook (2003), ilustra graficamente o conceito de tempo de ciclo ao representar a cadência na saída sucessiva de unidades em uma operação.

Figura 4 – Representação do Tempo de Ciclo (*Cycle Time*)



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 21).

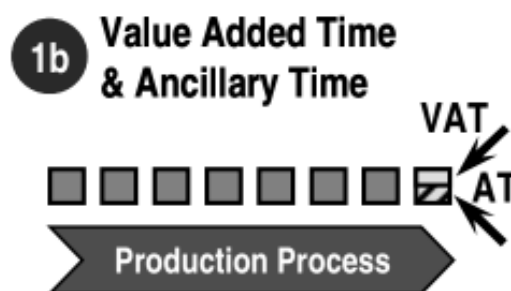
A aplicação do tempo de ciclo na estimativa de capacidade é apresentada por Duggan (2018), que demonstra que o tempo requerido por um processo pode ser obtido pela multiplicação do *cycle time* pela demanda diária de cada item. O autor sintetiza essa lógica por meio de uma relação direta entre o tempo total necessário e o tempo efetivo disponível de trabalho, permitindo calcular a quantidade de máquinas ou operadores exigida para

atender ao fluxo. Essa relação é formalizada por Duggan (2018) na equação (3):

$$Capacidade\ necessária = \frac{\sum(tempo\ de\ ciclo * demanda)}{tempo\ efetivo\ de\ trabalho} \quad Eq. 3$$

Erlach (2013) define o tempo de agregação de valor como o período efetivamente dedicado à transformação do produto de acordo com aquilo que o cliente deseja, correspondendo às chamadas atividades principais do processo. Segundo o autor, o tempo total de trabalho de um operador é composto por atividades principais e atividades auxiliares, sendo estas últimas relacionadas a movimentações, ajustes, esperas e outras ações que não modificam o produto de forma que o cliente esteja disposto a pagar. As atividades auxiliares e os tempos de espera configuram tempos não agregadores de valor, classificados como *ancillary time* (AT), enquanto apenas as atividades diretamente transformadoras são consideradas *value-added time* (VAT), conforme ilustrado na Figura 5. Essa distinção também é apresentada por Rother e Shook (2003), que descrevem o tempo de agregação de valor como o conjunto de elementos de trabalho que realmente modificam o produto.

Figura 5 – Representação de Tempo de Agregação de Valor (TAV) e Atividades Auxiliares (AT)

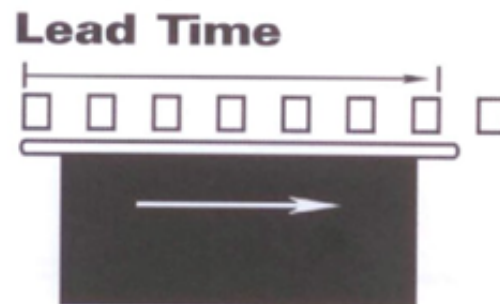


Fonte: Adaptado de Erlach (2013, Fig. 2.16)

Rother e Shook (2003) definem o *lead time* como o tempo total necessário para que um produto percorra todas as etapas do fluxo, desde a solicitação do cliente até a entrega final, englobando tanto os tempos de processamento quanto os períodos de espera, filas e estoques

intermediários. Para Erlach (2013), o *lead time* fornece uma visão abrangente da eficiência do processo, pois evidencia o contraste entre o tempo total do fluxo e o tempo efetivamente dedicado à agregação de valor. Dennis (2007) acrescenta que a análise do *lead time* possibilita identificar gargalos estruturais e compreender a contribuição dos tempos não agregadores, como movimentações, inspeções e esperas, para a extensão do fluxo. Conforme observa Shingo (1996), a diferença entre o *lead time* e o tempo de agregação de valor revela o impacto dos desperdícios que retardam o atendimento ao cliente. A representação visual desse conceito é apresentada na Figura 6, extraída de Aprendendo a Enxergar, que ilustra o deslocamento de uma peça ao longo do fluxo até sua conclusão.

Figura 6 – Representação do *Lead Time*

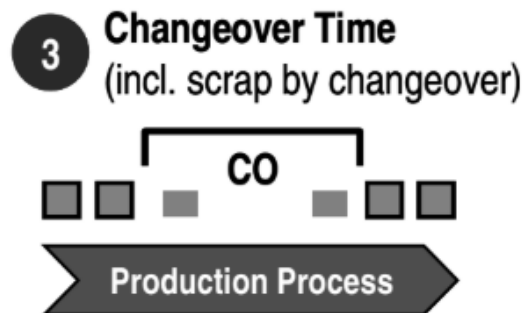


Fonte: Adaptado de Rother; Shook (2003).

Erlach (2013) define o *changeover time* (tempo de troca) como o período em que um equipamento permanece indisponível devido à troca de ferramentas, dispositivos ou materiais necessários para produzir uma nova variante, sendo contabilizado do último produto bom da produção anterior até o primeiro produto bom da próxima. Essa mesma lógica é apresentada por Rother e Shook (2003) e por Duggan (2018), que caracterizam o tempo de *setup* (troca) como o intervalo compreendido entre a finalização da última peça boa do produto A e a obtenção da primeira peça boa do produto B, enfatizando que esse período representa uma interrupção direta na capacidade produtiva. As três fontes convergem ao destacar que o *changeover* constitui um elemento crítico no Mapeamento do Fluxo de Valor, pois afeta a disponibilidade dos equipamentos, a estabilidade do fluxo e a flexibilidade para operar em ambientes com mix variado de produtos. A

Figura 7 ilustra graficamente esse conceito, evidenciando o intervalo dedicado à troca entre itens de diferentes variantes.

Figura 7 – Representação do *changeover time*

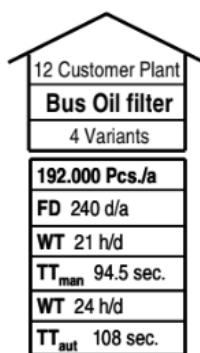


Fonte: Adaptado de Erlach (2013, Fig. 2.16).

2.2.2.2. Simbologia e representação gráfica dos fluxos

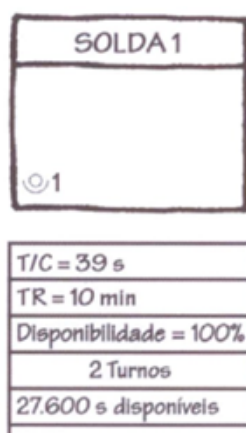
Rother e Shook (2003) afirmam que a representação dos processos no Mapeamento do Fluxo de Valor ocorre por meio das caixas de processo, elementos gráficos utilizados para indicar as áreas pelas quais o material efetivamente flui dentro do sistema produtivo. Segundo os autores, a caixa de processo reúne em um único ponto informações essenciais sobre o funcionamento real da operação, permitindo registrar parâmetros diretamente observados no *gemba*, como tempos de ciclo, tempos de agregação de valor e demais características necessárias para compreender o comportamento do fluxo. Erlach (2013) complementa que tanto a caixa de processo quanto a caixa de dados do cliente seguem a mesma lógica de registrar parâmetros fundamentais do fluxo com base em medições reais, nunca em tempos-padrão, a fim de assegurar que o mapa represente com fidelidade o comportamento do sistema produtivo. A Figura 8 ilustra um exemplo de caixa do cliente, enquanto a Figura 9 apresenta um exemplo de caixa de processo.

Figura 8 – Exemplo de caixa do cliente



Fonte: Adaptado de Erlach (2013, Fig. 2.8).

Figura 9 – Exemplo de caixa de processo



Fonte: Adaptado de Erlach (2013, Fig. 2.8).

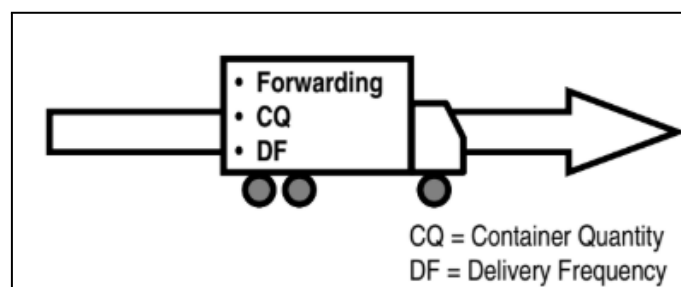
Hines e Rich (1997) destacam que a visualização do fluxo de material constitui um dos principais elementos do MFV, pois permite identificar desperdícios estruturais, interrupções e incoerências logísticas que não se tornam evidentes apenas pela análise dos processos internos, reforçando que esse fluxo deve ser analisado de forma integrada ao fluxo de informações para que o mapa represente fielmente a realidade operacional.

Rother e Shook (2003) explicam que o fluxo de material externo é normalmente representado por meio de ícones que simbolizam o transporte entre a empresa e seus parceiros logísticos, especialmente caminhões, os quais indicam a movimentação dos produtos acabados em direção ao cliente e o suprimento de matérias-primas provenientes dos fornecedores. De forma complementar, Erlach (2013) afirma que essa representação deve evidenciar informações logísticas relevantes, como frequência de entrega, quantidade transportada por carga e tipo

de meio utilizado, permitindo compreender como o abastecimento e a distribuição influenciam o comportamento global do fluxo produtivo.

Segundo os autores, esses elementos gráficos não apenas ilustram o deslocamento físico dos materiais, mas também contribuem para o entendimento das condições logísticas que impactam diretamente o desempenho do sistema, tais como tempos de transporte, regularidade das entregas e formação de estoques intermediários (HINES; RICH, 1997; ROTHER; SHOOK, 2003; ERLACH, 2013). A Figura 10 apresenta um exemplo de representação do fluxo de material externo em um mapa do estado atual.

Figura 10 – Representação do fluxo de material externo no MFV



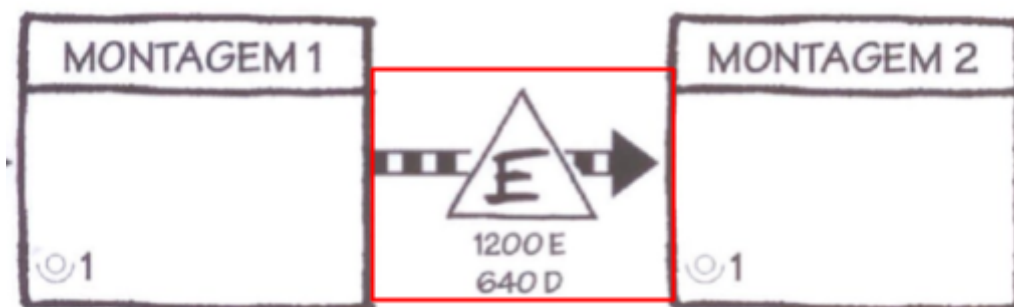
Fonte: adaptado de Erlach (2013)

O fluxo de material interno corresponde à representação da movimentação física dos produtos entre os processos produtivos e os pontos de estocagem intermediários, permitindo visualizar tanto os deslocamentos quanto as interrupções do fluxo ao longo da cadeia interna (ROTHER; SHOOK, 2003). Esses autores explicam que os estoques entre processos devem ser explicitamente destacados no mapa por meio do símbolo triangular, pois indicam locais em que o material se acumula e onde o fluxo é interrompido, revelando pontos em que a produção deixa de ser contínua. Segundo Rother e Shook (2003), essa representação é essencial para evidenciar onde o material permanece em espera e como ocorre a transferência entre processos, frequentemente realizada sob a lógica do fluxo empurrado, na qual cada processo produz de acordo com sua própria programação, transferindo o material ao processo seguinte independentemente da demanda real.

De forma complementar, Erlach (2013) descreve que o transporte interno pode ser realizado por diferentes meios, como empilhadeiras, veículos guiados automaticamente ou sistemas de esteiras, sendo estes representados no MFV por símbolos específicos que indicam tanto o modo de transporte quanto a existência de

buffers intermediários. O autor destaca que, quando há interrupção do fluxo por função de estocagem, o símbolo de transporte pode ser suprimido para dar ênfase ao triângulo de estoque, reforçando visualmente a presença de acúmulo de material. Essa relação entre transporte, estoque e interrupção do fluxo é ilustrada na Figura 11, que representa um exemplo de processos produtivos separados por estoque intermediário, evidenciando a dinâmica do fluxo de material interno conforme proposto por Rother e Shook (2003).

Figura 11 – Representação do fluxo de material empurrado e estoques intermediários



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 20).

No Mapeamento do Fluxo de Valor, o fluxo de informação corresponde ao conjunto de sinais, dados e instruções que orientam quando, quanto e o que deve ser produzido ao longo do sistema produtivo. Rother e Shook (2003) destacam que esse fluxo é representado na parte superior do mapa e deve evidenciar como as informações percorrem desde o cliente até os processos produtivos e fornecedores, por meio de setas que indicam a origem, o destino e o tipo de comunicação, seja ela manual, verbal ou eletrônica. De forma complementar, Erlach (2013) afirma que o fluxo de informação constitui o elemento regulador do sistema, pois é responsável por viabilizar a coordenação entre o planejamento, o controle da produção e o fluxo físico de materiais, sendo operacionalizado por processos de negócio que geram, processam e transferem dados necessários ao atendimento dos pedidos. Essa perspectiva é ampliada por Tapping (2003), ao afirmar que a representação do fluxo de informação no MFV permite compreender como as decisões administrativas influenciam diretamente o desempenho operacional, destacando que a conexão entre informação e produção é essencial para revelar falhas de programação, atrasos na comunicação e inconsistências no atendimento à demanda. Assim, o fluxo de informação não apenas complementa o fluxo de material, mas estrutura a

lógica pela qual o sistema responde às necessidades do cliente e organiza suas operações produtivas (ROTHER; SHOOK, 2003; ERLACH, 2013; TAPPING, 2003).

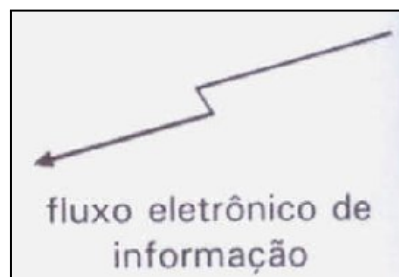
No que se refere à sua representação gráfica, Rother e Shook (2003) explicam que o fluxo de informação é desenhado na parte superior do mapa por meio de uma linha estreita, que indica a transmissão de dados entre os agentes envolvidos no fluxo de valor, conforme ilustrado na Figura 12. Quando essa informação ocorre por meios eletrônicos, como sistemas MRP ou troca eletrônica de dados (EDI), essa linha é modificada por um traço em forma de raio, caracterizando o fluxo eletrônico de informação, em contraste com o fluxo realizado em papel, como demonstrado na Figura 13. Essa diferenciação visual permite identificar com clareza os canais pelos quais as informações são comunicadas e como estes condicionam as decisões que regulam a programação e o controle do fluxo produtivo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Figura 12 – Representação do fluxo de informação no Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 26).

Figura 13 – Representação do fluxo de informação eletrônico no Mapeamento do Fluxo de Valor

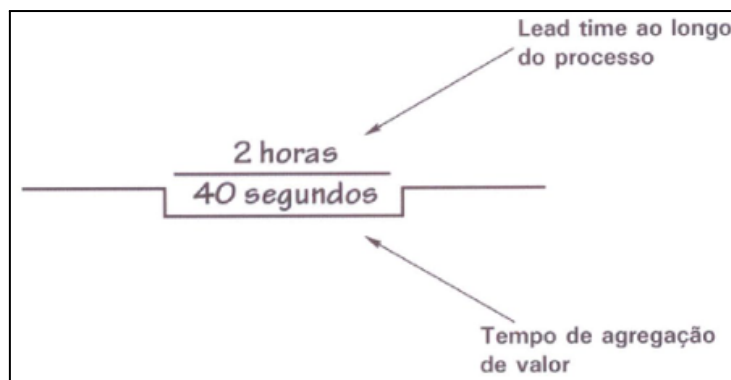


Fonte: Rother e Shook (2003, p. 26).

A linha do tempo no Mapeamento do Fluxo de Valor é utilizada para sintetizar, de forma visual, a relação entre o tempo total de permanência do material no sistema e o tempo efetivamente gasto em processamento (ROTHER; SHOOK, 2003; DUGGAN, 2018; ERLACH, 2013). Rother e Shook (2003) orientam que essa

representação deve ser inserida na base do mapa, posicionada abaixo das caixas de processo e dos triângulos de estoque, com o objetivo de registrar o *lead time* total do fluxo e possibilitar sua comparação direta com o tempo de agregação de valor. De forma convergente, Duggan (2018) explica que essa estrutura, denominada *lead-time ladder*, converte os níveis de estoque em unidades de tempo com base na taxa de consumo do cliente, permitindo evidenciar a proporção entre o tempo em que o produto permanece parado em filas e o tempo efetivamente dedicado à sua transformação. Erlach (2013) complementa que a linha do tempo pode ser organizada em dois ou três níveis, nos quais a parte superior representa os estoques e *buffers* do fluxo de material, enquanto a inferior registra os tempos operacionais dos processos, destacando a diferença entre tempo de operação e tempo de processamento. Essa representação gráfica torna visível o descompasso entre o tempo requerido pelo cliente e o tempo total necessário para que o produto percorra o sistema produtivo, conforme ilustrado na Figura 14, adaptada de Rother e Shook (2003).

Figura 14 – Representação da linha do tempo no Mapeamento do Fluxo de Valor

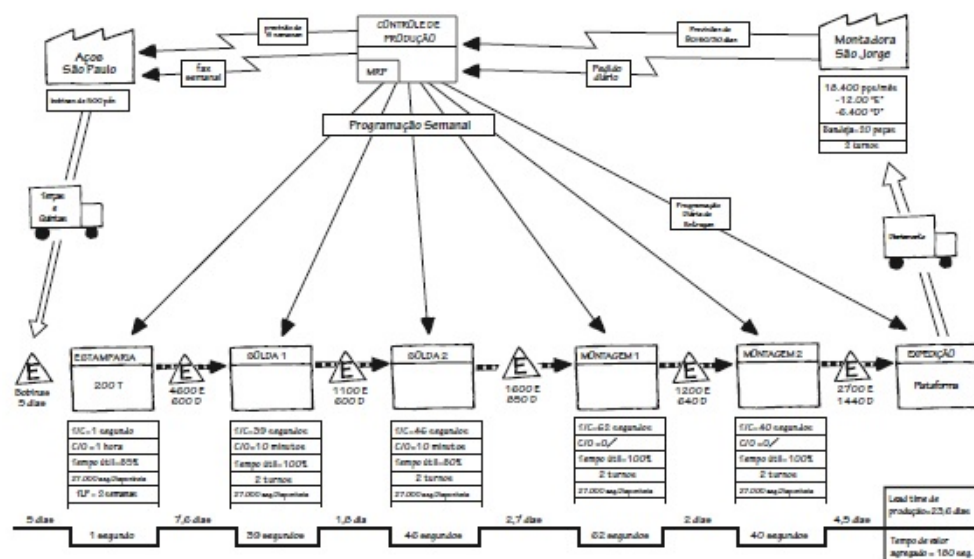


Fonte: adaptada de Rother e Shook (2003).

O mapa do estado atual do Mapeamento do Fluxo de Valor sintetiza, em uma única representação visual, a articulação entre o fluxo de material e o fluxo de informação ao longo da cadeia produtiva, evidenciando a interação entre fornecedor, cliente, processos internos, estoques intermediários e os principais indicadores operacionais associados a cada etapa, como tempo de ciclo, *lead time*, tempo de agregação de valor e *takt time* (ROTHER; SHOOK, 2003). Essa configuração gráfica permite compreender a lógica de funcionamento do sistema tal como ele ocorre na prática, integrando transporte externo e interno, meios de comunicação, pontos de acúmulo e ritmos de produção sob uma perspectiva sistêmica do fluxo de

valor, conforme também destacam Hines e Rich (1997) ao enfatizarem o papel do MFV na visualização holística das interdependências operacionais. A Figura 15 ilustra um exemplo de mapa do estado atual completo.

Figura 15 – Exemplo de um Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual



Fonte: Rother e Shook (2003).

2.2.3. Mapa do estado futuro

Erlach (2013) define que a transição do mapa do estado atual para o mapa do estado futuro corresponde ao momento em que o Mapeamento do Fluxo de Valor deixa de assumir caráter exclusivamente descritivo e passa a assumir caráter projetual, no qual são estabelecidas as condições operacionais desejadas para o funcionamento do sistema produtivo. Segundo Erlach (2013), o estado futuro representa a configuração que integra metas de desempenho, parâmetros operacionais e decisões logísticas alinhadas ao cliente, evidenciando como os processos devem se organizar para atender à demanda com maior coerência sistêmica. Rother e Shook (2003) complementam que essa etapa se baseia na análise crítica do estado atual e na aplicação estruturada dos princípios *Lean*, de modo a orientar a reorganização do fluxo de valor conforme critérios operacionais consistentes.

A construção do mapa do estado futuro, conforme destacam Erlach (2013) e Duggan (2018), ocorre a partir da formulação de diretrizes que articulam capacidade produtiva, *takt time*, definição do processo puxador, estratégias de acoplamento entre processos e métodos de controle da produção. Para guiar essa transição de

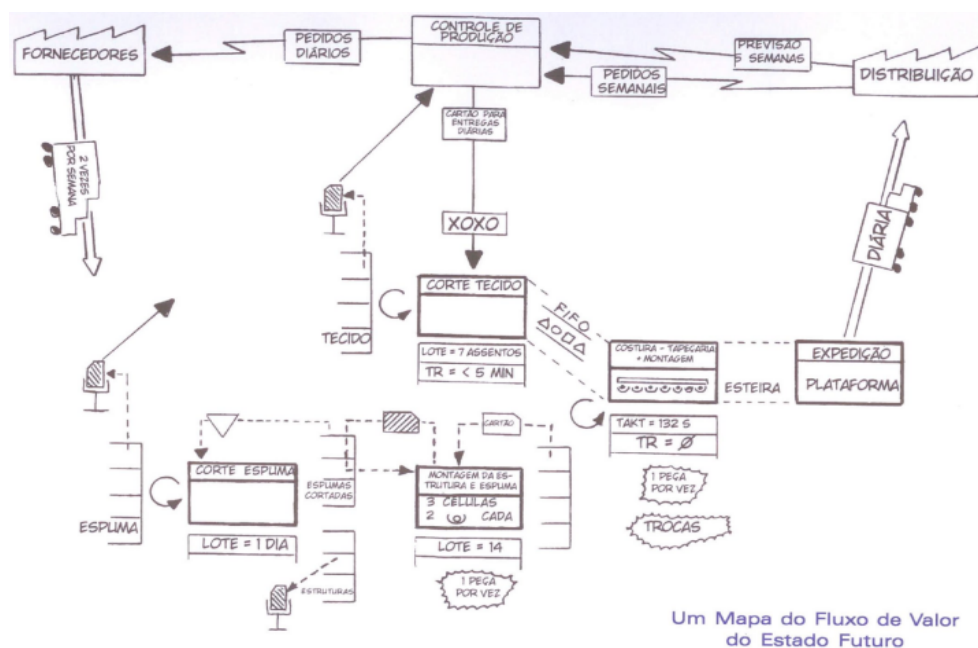
forma sistemática, Rother e Shook (2003) propõem um roteiro estruturado em torno de questões-chave de projeto, as quais traduzem os conceitos abstratos do *Lean* em parâmetros físicos e informacionais no chão de fábrica.

Essas diretrizes, fundamentadas no modelo conceitual de Rother e Shook (2003), investigam, primeiramente, o ritmo de produção necessário para atender ao cliente, balizado pelo cálculo do *takt time* com base no tempo disponível dos processos, fluxo abaixo. Em seguida, avalia-se a estratégia de atendimento à demanda, definindo se a produção deve abastecer um supermercado de produtos acabados ou se destinará diretamente à expedição, decisão que pondera a confiabilidade dos processos, os padrões de compra e as características físicas do produto. A partir disso, o projeto do fluxo de materiais busca identificar onde é viável estabelecer o fluxo contínuo e, nos pontos de desconexão natural ou restrições técnicas, onde se faz necessária a introdução de sistemas puxados com supermercados para regular o estoque em processo (*work-in-process*).

Ainda sob a perspectiva dos referidos autores, o projeto do estado futuro exige a determinação de um ponto único de programação na cadeia, denominado processo puxador (*pacemaker*), a partir do qual todo o fluxo anterior é disparado de forma sincronizada. Sob a ótica do nivelamento, as diretrizes orientam como equalizar o *mix* e o volume de produção nesse ponto regulador, definindo a unidade de tempo ou o incremento de trabalho para a liberação uniforme da produção. Por fim, identificam-se as melhorias de processo indispensáveis para sustentar a nova configuração projetada, as quais frequentemente envolvem a redução de tempos de preparação (*setup*) e o aumento da disponibilidade global dos equipamentos.

Hines e Rich (1997) reforçam que essa etapa representa uma reorganização estruturada do fluxo produtivo, baseada na eliminação progressiva de desperdícios e na redefinição das conexões entre processos, permitindo que o sistema evolua de uma condição observada para uma condição planejada com base em critérios técnicos e operacionais. A Figura 16 apresenta um exemplo de mapa do estado futuro, no qual se observa a reorganização dos fluxos de material e informação conforme as diretrizes definidas para a configuração desejada do sistema produtivo, evidenciando a aplicação dos princípios de fluxo contínuo, produção puxada e nivelamento da produção, conforme proposto por Rother e Shook (2003).

Figura 16 – Exemplo de um Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Futuro



Fonte: Rother e Shook (2003).

Conforme descreve Erlach (2013), após a definição do mapa do estado futuro, torna-se necessário estruturar o planejamento de implementação das mudanças requeridas para que a configuração projetada do fluxo de valor possa ser efetivamente alcançada. As melhorias tecnológicas e organizacionais ainda não implementadas são indicadas diretamente no mapa por meio de símbolos gráficos específicos, representados por *flashes* em forma de raio, denominados *kaizen flash*, que sinalizam pontos onde intervenções são necessárias para a concretização do estado futuro proposto (ERLACH, 2013).

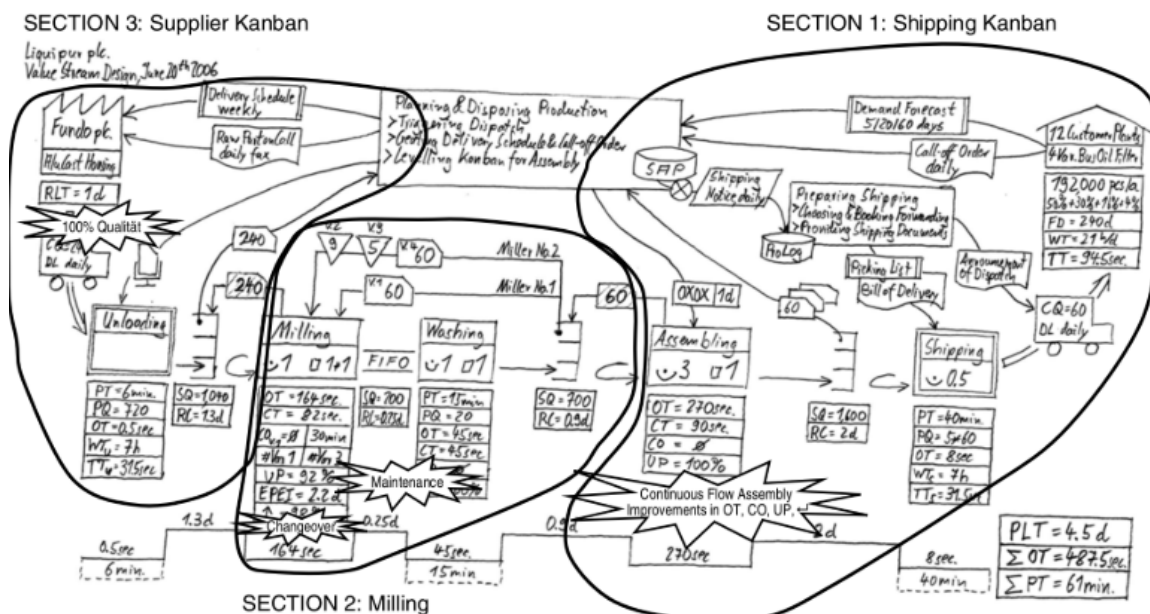
Segundo o autor, esses símbolos são inseridos nos locais do fluxo em que se identificam necessidades de melhoria, funcionando como marcadores visuais das ações que devem ser conduzidas no processo de transição entre o estado atual e o estado futuro. Essa representação permite que as medidas de melhoria sejam compreendidas dentro do contexto global do fluxo de valor, evidenciando sua relação com os demais processos e possibilitando a análise integrada dos impactos das alterações propostas no desempenho do sistema como um todo (ERLACH, 2013). A Figura 17 exemplifica a representação gráfica do *kaizen flash*.

Figura 17 – Representação do *kaizen flash*

Fonte: Erlach (2013, Fig. 3.63)

2.2.4. Planejamento para atingir o estado futuro

Erlach (2013) afirma que, uma vez definidas as medidas de melhoria, o fluxo de valor deve ser dividido em seções ou loops para viabilizar sua implementação de forma progressiva e controlada. Segundo o autor, cada uma dessas seções deve conter metas específicas, responsáveis claramente definidos e marcos de acompanhamento mensuráveis, permitindo que a execução ocorra de maneira estruturada e sequencial. Essa lógica de implementação gradual favorece ciclos curtos de feedback, possibilitando testar, ajustar e redirecionar as ações conforme necessário, o que contribui para maior aderência das melhorias às condições reais do sistema produtivo (ERLACH, 2013). A Figura 18 apresenta um exemplo de segmentação do fluxo em loops de implementação, evidenciando a organização das melhorias em seções para execução estruturada.

Figura 18 – Loops de implementação no estado futuro do MFV com *Kaizen Flash*

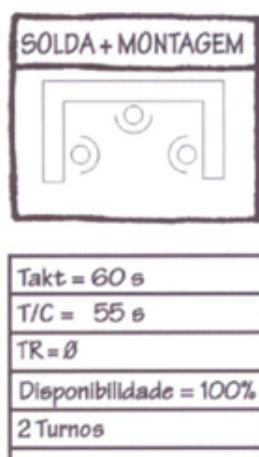
Fonte: Erlach (2013, Fig. 3.64)

2.3. FLUXO CONTÍNUO E SISTEMA PUXADO

No contexto da implementação do Sistema Puxado, Erlach (2013) destaca que o processo puxador (*pacemaker process*) deve ser o primeiro a ser reconfigurado, uma vez que exerce maior influência sobre o desempenho global do fluxo de valor, sendo seguido pela reestruturação dos processos a jusante e, posteriormente, daqueles a montante. De maneira convergente, Rother e Shook (2003) indicam que a implementação do estado futuro pode ser organizada em etapas sucessivas, iniciando-se pelos processos mais próximos do cliente final e expandindo-se progressivamente ao longo da cadeia produtiva, estratégia que contribui para a consolidação gradual do novo padrão operacional.

Segundo Rother e Harris (2002), o fluxo contínuo constitui o principal objetivo da produção enxuta, pois se alinha à visão da Toyota de produzir com zero defeitos, elevado valor agregado e sincronização com a demanda real, buscando entregar exatamente o que o cliente necessita, nas quantidades e no momento corretos. Em termos operacionais, o fluxo contínuo caracteriza-se pela transferência imediata de cada item para a etapa subsequente, sem interrupções ou estoques intermediários, configurando a lógica da produção peça a peça (*one-piece flow*), conforme também destacam Rother e Shook (2003). Essa configuração pode ser observada na Figura 19, que ilustra a representação gráfica de uma célula operando em fluxo contínuo.

Figura 19 – Representação de célula operando em fluxo contínuo



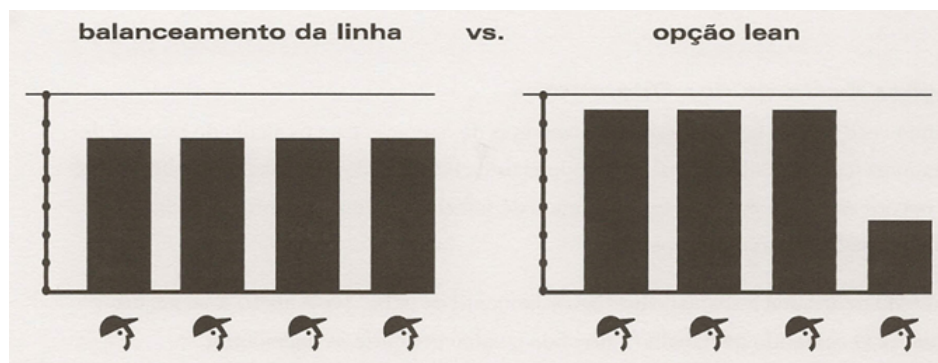
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 64).

Na viabilização do fluxo contínuo, o balanceamento de linha desempenha papel central ao distribuir as atividades entre os operadores de forma sincronizada com o takt time, evitando a formação de gargalos e interrupções no fluxo (ROTHER;

HARRIS, 2002; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Goldratt (1984) ressalta que os gargalos configuram restrições sistêmicas que determinam o ritmo global de produção, sendo sua identificação fundamental para orientar as ações de balanceamento.

A diferença entre o balanceamento tradicional e a abordagem *Lean* é ilustrada na Figura 20, na qual se observa que a divisão igualitária do trabalho tende a mascarar desperdícios de espera, distribuindo-os uniformemente entre os operadores, enquanto a opção *Lean* concentra o trabalho em operadores plenamente utilizados, expondo visualmente os desperdícios e facilitando sua eliminação (ROTHER; HARRIS, 2002).

Figura 20 – Comparação entre balanceamento tradicional e opção *Lean* (GBO)



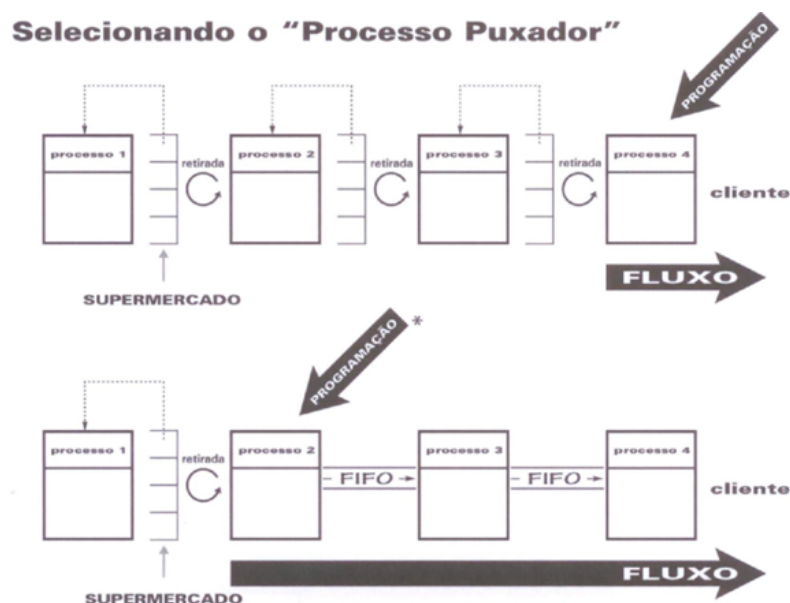
Fonte: Rother e Harris (2002, p. 54).

A compreensão detalhada do conteúdo do trabalho, formado pelos menores elementos transferíveis entre operadores, constitui a base para o balanceamento eficaz, devendo sua identificação ocorrer diretamente no gamba, evitando a utilização de tempos padronizados desatualizados (ROTHER; HARRIS, 2002). Além disso, a aplicação do conceito de “*kaizen* no papel” implica a exclusão de atividades que não agregam valor, como deslocamentos desnecessários ou esperas, impedindo sua incorporação ao fluxo principal (ROTHER, 2012). O uso do Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) reforça essa análise, permitindo a visualização da distribuição das tarefas em relação ao takt time e contribuindo para o desenvolvimento da capacidade de enxergar o fluxo de forma sistêmica (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; ROTHER; SHOOK, 2003).

No âmbito do Mapeamento do Fluxo de Valor, a lógica da produção puxada fundamenta-se na ativação da produção a partir da demanda real do cliente ou do processo subsequente, em oposição ao modelo empurrado, baseado em previsões

(SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; ROTHER; SHOOK, 2003). Segundo esses autores, em um sistema puxado, nenhum item é produzido ou transferido sem que haja um sinal explícito de necessidade emitido pelo processo seguinte, o que contribui para a redução de estoques intermediários e para a maior sincronização do fluxo. Rother e Shook (2003) destacam a importância da definição de um ponto único de programação, denominado processo puxador (*pacemaker*), responsável por estabelecer o ritmo de produção para todo o fluxo anterior, sendo este o processo controlado diretamente pelos pedidos dos clientes externos. De acordo com os autores, a forma como a produção é gerenciada neste ponto determina a cadência dos processos a montante e influencia diretamente o lead time do pedido (ROTHER; SHOOK, 2003). A Figura 21 ilustra essa configuração, evidenciando a seleção do processo puxador e sua relação com os sistemas de supermercado e filas FIFO no controle do fluxo produtivo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Figura 21 – Selecionando o processo puxador (*pacemaker*) no sistema puxado

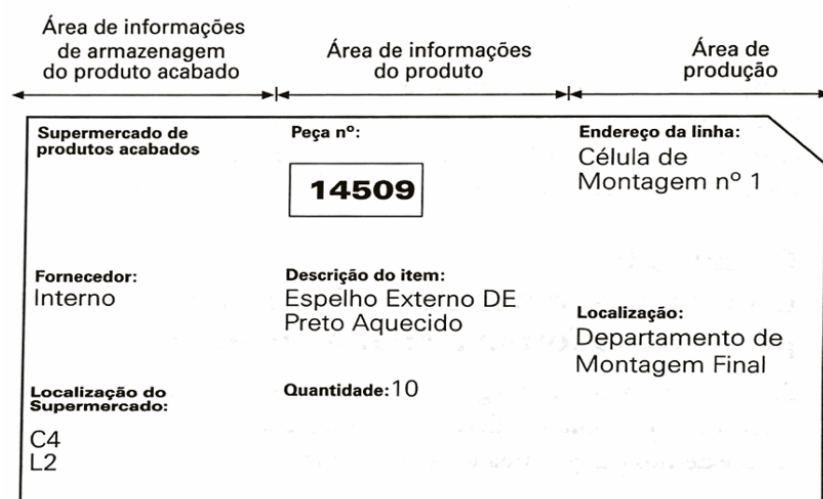


Fonte: Rother e Shook (2003, p. 49).

Os autores Slack, Chambers e Johnston (2009) pontuam que o *Kanban* é a ferramenta mais conhecida para sinalizar a produção em um sistema puxado, servindo como mecanismo de controle do fluxo de material e de informação, ao indicar exatamente o que deve ser produzido e em que momento. Cartões *Kanban* internos de produção funcionam como instruções para fabricar um "*pitch*" (contêiner) de determinado item, sendo que a quantidade produzida deve corresponder exatamente àquela especificada no cartão, e nenhuma peça deve ser produzida ou

transferida sem sua autorização (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; ROTHER, 2012). A Figura 22 apresenta um exemplo de cartão *Kanban* utilizado para controle de reposição em supermercado de produtos acabados, evidenciando as informações operacionais que orientam o abastecimento do processo subsequente.

Figura 22 – Exemplo de cartão *Kanban* de produção



Fonte: Smalley (2004, p. 38).

A intenção do *Kanban* é dupla: além de atuar como ferramenta de controle, ele contribui para tornar evidentes eventuais problemas no sistema produtivo, uma vez que rupturas de abastecimento, excesso de consumo ou falhas de qualidade tornam-se imediatamente perceptíveis quando a produção é rigidamente condicionada à presença do cartão (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Segundo Rother (2012), o propósito final do *Kanban* é sua própria eliminação, uma vez que a maturidade do sistema produtivo tende a permitir um fluxo cada vez mais contínuo, com menor dependência de estoques intermediários e sinais formais de reposição.

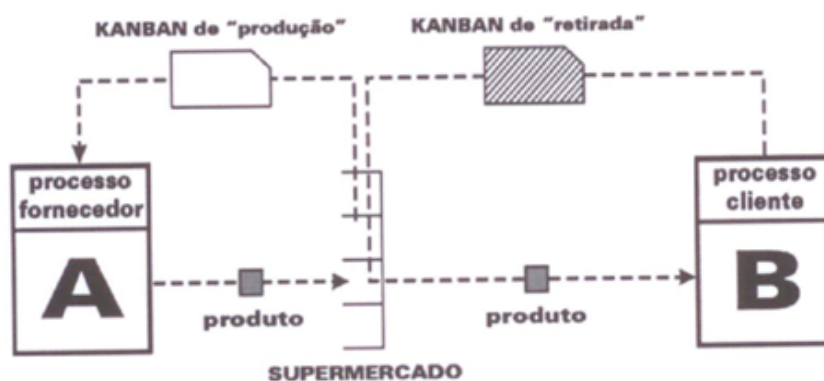
A evolução tecnológica impulsionou o desenvolvimento de sistemas de *Kanban* eletrônico, que preservam os princípios do método tradicional ao substituir os cartões físicos por sinais informatizados, mantendo a lógica de controle puxado e a sinalização de reposição baseada no consumo real (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2010). Lage Junior e Godinho Filho (2010) destacam que essa alternativa se mostra adequada em ambientes de elevada complexidade operacional, nos quais o gerenciamento de cartões físicos torna-se impraticável, possibilitando maior

rastreabilidade das informações, flexibilidade na parametrização dos sistemas e gestão simultânea de múltiplos produtos com maior precisão e agilidade operacional, sem descaracterizar os fundamentos conceituais do *Kanban* tradicional.

Os supermercados no Mapeamento do Fluxo de Valor consistem em estoques controlados que viabilizam o funcionamento do sistema puxado em situações nas quais não é possível conectar processos de forma totalmente contínua, atuando como pontos reguladores entre etapas produtivas desacopladas (ROTHER; SHOOK, 2003). Esses pontos operam como locais dedicados ao armazenamento de itens padronizados, a partir dos quais o processo subsequente retira apenas o que necessita, no momento em que necessita, preservando a lógica de reposição baseada em consumo real e evitando a produção antecipada por previsão (ROTHER; HARRIS; BARNHART, 2011).

A função do supermercado é assegurar a estabilidade do fluxo ao mesmo tempo em que torna visíveis os níveis de estoque, possibilitando a identificação de situações normais ou anormais de abastecimento. Para isso, sua organização física deve favorecer a retirada pelo critério FIFO (*First In, First Out*), garantindo que os itens mais antigos sejam consumidos primeiro e evitando perdas por obsolescência ou deterioração (ROTHER; SHOOK, 2003). Essa lógica de funcionamento é ilustrada na Figura 23, que demonstra a interação entre processo cliente, supermercado e processo fornecedor por meio de *kanbans* de produção e retirada.

Figura 23 – Funcionamento do supermercado em sistema puxado



Fonte: Rother e Shook (2003, p. 49).

Smalley (2004) propõe que o dimensionamento dos supermercados requer abordagem quantitativa baseada em parâmetros operacionais, projetando a decomposição do estoque em dois componentes principais: estoque de ciclo e estoque de segurança. O estoque de ciclo (EC) corresponde à quantidade

necessária para atender a demanda durante o lead time de reposição, sendo calculado conforme (SMALLEY, 2004) pela equação (4):

$$EC = D * LT \quad \text{Eq. 4}$$

Em que D representa a demanda média diária (unidades/dia) e LT o *lead time* de reposição (dias).

Já o estoque de segurança (ES) tem a função de absorver variações de demanda e de tempo de reposição, podendo ser estimado pela equação (5):

$$ES = Z * \sigma * \sqrt{LT} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde Z é o fator de nível de serviço, σ o desvio-padrão da demanda diária e LT o *lead time* de reposição. O valor de Z relaciona-se ao nível de serviço desejado, sendo, por exemplo, 1,65 para 95% e 2,33 para 99% (SMALLEY, 2004).

O tamanho total do supermercado (TS) resulta da soma desses dois componentes (estoque de ciclo somado ao de segurança).

Esse modelo de dimensionamento permite o cálculo específico por produto, considerando características particulares de consumo e variabilidade, o que contribui para maior precisão no controle dos estoques intermediários em ambientes de alta variedade produtiva (SMALLEY, 2004).

Complementarmente, Erlach (2013) ressalta que, no escopo do *Value Stream Design* (VSD), os supermercados cumprem papel estruturante na transição entre fluxo contínuo e fluxo puxado, sendo elementos fundamentais na arquitetura do estado futuro ao permitirem o desacoplamento controlado entre processos, sem comprometer a coerência do fluxo de informação e material.

O nivelamento da produção, conhecido como *heijunka*, consiste na distribuição uniforme do mix e do volume de produção ao longo do tempo, visando reduzir variações bruscas na carga dos processos e estabilizar o ritmo operacional (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Erlach (2013), o nivelamento do mix não apenas aproxima a produção da demanda real do cliente, mas também promove uma carga homogênea sobre os processos produtivos, reduzindo os efeitos de variabilidade nos tempos de operação e amortecendo oscilações nas cadeias de suprimento, frequentemente

associadas ao efeito chicote. Para operacionalizar essa lógica, utiliza-se a *heijunka box* (caixa de nivelamento), instrumento visual que organiza as ordens de produção em unidades de liberação distribuídas ao longo de um horizonte temporal previamente definido, assegurando uma sequência equilibrada entre os diferentes produtos e estabilizando o ritmo do processo puxador (ERLACH, 2013).

Smalley (2004) complementa que o nivelamento também se relaciona diretamente à definição do *pitch*, entendido como o intervalo regular de liberação de trabalho ao processo puxador, que fragmenta os pedidos recebidos em quantidades menores e controladas. A Figura 24 apresenta um exemplo de representação do nivelamento da produção por meio da *heijunka box*

Figura 24 – Exemplo de *Heijunka Box* (nivelamento da produção)

Turno 1	7:00	7:18	7:36	7:54	8:12	8:30	8:48	9:06	9:24
Célula n° 1	14509	14509	14509	14502	14502	14502	14504	14504	14504
	14509	14509	14509	14502	14502	14502	14504	14504	14504
Célula n° 2	25409	25409	25409	25402	25402	25402	25404	25404	25404
	25409	25409	25409	25402	25402	25402	25404	25404	25404

Fonte: Smalley (2004).

Rother e Shook (2003) indicam que o símbolo utilizado para representar o nivelamento da produção no MFV é inserido junto à seta do fluxo de informação, sendo empregado para sinalizar visualmente a aplicação do heijunka no processo produtivo, conforme evidenciado na Figura 25

Figura 25 - Ícone para nivelamento no MFV

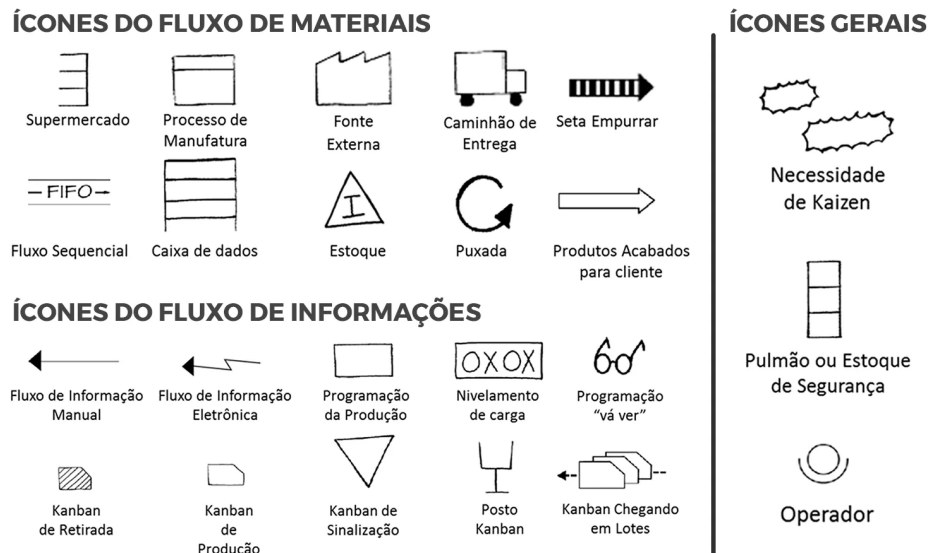


Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 50).

Os ícones e símbolos do Mapeamento do Fluxo de Valor, identificados na Figura 26, constituem uma linguagem visual padronizada que permite representar, de forma sintética e objetiva, processos, fluxos de material e informação, estoques,

sistemas puxados e pontos de melhoria, assegurando clareza na leitura e interpretação do mapa (ROTHER; SHOOK, 2003; ERLACH, 2013).

Figura 26 – Ícones e simbologias utilizadas no Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)



Fonte: Adaptado de Nortegubisian (2019).

2.4. LEAN NA AGROINDÚSTRIA DE HORTALIÇAS

A agroindústria de hortaliças caracteriza-se por processos produtivos condicionados pela natureza perecível dos insumos, pela variabilidade sazonal da oferta e pela necessidade de cumprimento rigoroso de padrões sanitários, fatores que impõem elevada complexidade operacional e exigem maior controle sobre o fluxo de materiais e informações (XAVIER et al., 2024; MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023). A natureza biológica dos produtos hortícolas implica sensibilidade a tempo, temperatura e condições de manuseio, o que amplia os riscos de perdas ao longo das etapas de seleção, higienização, corte, embalagem e distribuição, tornando a eficiência dos processos um elemento crítico para a sustentabilidade operacional do setor (COSTA et al., 2018; MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023).

Estudos apontam que ambientes agroindustriais voltados ao processamento mínimo enfrentam dificuldades relacionadas à instabilidade da demanda, à heterogeneidade das matérias-primas e à falta de padronização dos processos, aspectos que afetam diretamente o balanceamento produtivo, a previsibilidade do lead time e o controle de estoques intermediários (XAVIER et al., 2024; CARRIJO, 2024). A presença de operações manuais intensivas e a dependência de variáveis externas, como condições climáticas e logística de suprimento, contribuem para a ocorrência de desperdícios, retrabalhos e interrupções no fluxo produtivo, reforçando a necessidade de abordagens estruturadas voltadas à organização do processo e à eliminação sistemática de atividades que não agregam valor (COSTA et al., 2018; MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023; CARRIJO, 2024).

Essas características tornam a agroindústria de hortaliças um ambiente propício à aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing*, especialmente no que se refere à estabilização do fluxo, à redução de perdas e à melhoria da eficiência operacional, desde que sejam consideradas as particularidades inerentes à produção agrícola e ao processamento de alimentos frescos (XAVIER et al., 2024; COSTA et al., 2018).

A aplicação do *Lean Manufacturing* na agroindústria de hortaliças tem sido associada à reorganização sistemática dos processos produtivos,

orientada à redução de ineficiências, à otimização do uso de recursos e ao aumento da previsibilidade operacional, conforme evidenciado em estudos que analisam sua adoção em ambientes agrícolas e agroindustriais (XAVIER et al., 2024; COSTA *et al.*, 2018). A estruturação do processo produtivo com base em princípios enxutos favorece maior clareza na disposição das etapas operacionais, permitindo identificar atividades que não agregam valor e promover ajustes voltados à estabilização do fluxo e à melhoria contínua do desempenho (MANSILLA BLANCO; SALDAÑA ROMERO; CHAVEZ-UGAZ, 2024). Pesquisas indicam que essa abordagem contribui para a redução de perdas associadas ao tempo excessivo de permanência dos produtos em processo, ao manuseio inadequado e à falta de coordenação entre operações sucessivas, fatores que impactam diretamente a eficiência e a qualidade dos produtos hortícolas (COSTA et al., 2018; XAVIER *et al.*, 2024).

Entre as ferramentas *Lean* mais aderentes à agroindústria de hortaliças, o Mapeamento do Fluxo de Valor destaca-se por possibilitar a visualização integrada do percurso dos materiais e das informações ao longo das etapas produtivas, permitindo representar tempos de ciclo, estoques intermediários e pontos de acúmulo de desperdícios ao longo do processo (MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023; MANSILLA BLANCO; SALDAÑA ROMERO; CHAVEZ-UGAZ, 2024). No contexto agroindustrial, o VSM se mostra especialmente relevante por permitir identificar ineficiências associadas à perecibilidade dos produtos, como tempos excessivos de permanência em processo, acúmulo de estoques intermediários e desconexões entre etapas operacionais que comprometem a qualidade e a vida útil dos produtos hortícolas, viabilizando a proposição de redesenhos do fluxo orientados à racionalização das atividades, à redução do lead time e ao fortalecimento da fluidez das operações (XAVIER et al., 2024; COSTA et al., 2018; MANSILLA BLANCO; SALDAÑA ROMERO; CHAVEZ-UGAZ, 2024).

A aplicação integrada das ferramentas *Lean* no setor agroindustrial favorece melhorias relacionadas ao controle do fluxo produtivo, à redução de tempos improdutivos e ao aprimoramento da utilização da capacidade instalada, conforme demonstrado em estudos voltados à produção agrícola e ao processamento de alimentos frescos (XAVIER *et al.*, 2024; MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023). A utilização do VSM como instrumento

central de análise contribui para a definição de estratégias de melhoria baseadas em dados concretos, orientando decisões gerenciais voltadas à minimização de perdas, ao aumento da produtividade e à otimização do uso dos recursos produtivos, aspectos associados ao fortalecimento da competitividade em ambientes agroindustriais (COSTA *et al.*, 2018; MANSILLA BLANCO; SALDAÑA ROMERO; CHAVEZ-UGAZ, 2024).

Xavier *et al.* (2024) apresentam um estudo aplicado em unidades de produção agrícola voltadas ao fornecimento de alimentos frescos, no qual o Mapeamento do Fluxo de Valor foi utilizado como instrumento central para diagnosticar e reestruturar o processo produtivo. A análise do estado atual permitiu identificar um fluxo caracterizado por elevada fragmentação das etapas, presença de estoques intermediários em volumes incompatíveis com a capacidade operacional e tempos de espera prolongados entre as operações, fatores que comprometiam a fluidez do processo e ampliavam o tempo total de atravessamento dos produtos (XAVIER *et al.*, 2024). Os autores evidenciam que a ausência de sincronismo entre as atividades produtivas gerava acúmulo de materiais em pontos específicos da linha, resultando em sobrecarga operacional em determinados postos e ociosidade em outros, o que impactava negativamente a estabilidade do sistema produtivo (XAVIER *et al.*, 2024).

A partir do diagnóstico realizado por meio do VSM, foi elaborado um estado futuro orientado à reorganização do fluxo e à eliminação das atividades que não agregavam valor ao processo, contemplando ajustes no sequenciamento das operações, redefinição dos tempos de processamento e reestruturação do *layout* produtivo para reduzir deslocamentos e esperas desnecessárias (XAVIER *et al.*, 2024). O redesenho proposto favoreceu a melhoria do balanceamento entre as etapas, promovendo maior continuidade no fluxo e reduzindo a variabilidade dos tempos operacionais, o que contribuiu para maior previsibilidade do desempenho produtivo e maior controle sobre o sistema como um todo (XAVIER *et al.*, 2024).

Os resultados obtidos evidenciaram melhorias expressivas relacionadas à redução do lead time, à diminuição do tempo improdutivo e ao aprimoramento da produtividade global da unidade analisada, associadas à maior organização do processo produtivo e à racionalização do uso dos

recursos disponíveis (XAVIER *et al.*, 2024). O estudo reforça que o uso do VSM permitiu uma compreensão sistêmica das interdependências entre as etapas produtivas, viabilizando intervenções estruturais mais precisas e coerentes com a dinâmica operacional da produção agrícola, favorecendo a estabilidade do fluxo e a redução de perdas operacionais ao longo do processo (XAVIER *et al.*, 2024).

A aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* na agroindústria de hortaliças requer adequações específicas devido às particularidades operacionais associadas ao processamento de produtos frescos, especialmente no que se refere à perecibilidade, à variabilidade das matérias-primas e às exigências sanitárias rigorosas, elementos discutidos por Xavier *et al.* (2024) ao analisarem a implementação de práticas enxutas em unidades de produção agrícola. A adoção direta de ferramentas desenvolvidas para ambientes industriais tradicionais mostra-se limitada nesse setor, sendo necessária sua adaptação às condições de instabilidade produtiva características da cadeia agrícola, conforme evidenciado por Costa *et al.* (2018) ao avaliarem a aplicação de *Lean* em contextos de produção alimentícia. A influência de fatores externos, como condições climáticas e variabilidade na qualidade dos insumos, exige maior flexibilidade operacional e ajustes constantes no gerenciamento do fluxo produtivo, como apontado por Martins, Dos Anjos e Da Silva (2023).

O dimensionamento e a gestão dos estoques intermediários configuram-se como um dos principais pontos de adaptação das práticas Lean nesse contexto, uma vez que o tempo de vida útil reduzido dos produtos hortícolas impõe limites rigorosos ao acúmulo de materiais em processo, conforme discutido por Costa *et al.* (2018) em sua análise sobre perdas em cadeias alimentares. A manutenção de volumes elevados de estoque compromete a qualidade dos produtos e amplia as perdas por deterioração, enquanto volumes insuficientes podem gerar interrupções no fluxo produtivo, situação observada por Xavier *et al.* (2024) em seu estudo aplicado em unidades de produção agrícola. O planejamento do fluxo, portanto, deve considerar ciclos operacionais mais curtos e volumes compatíveis com a capacidade real de processamento e armazenagem, conforme reforçado por Carrijo (2024).

A adaptação do conceito de *takt time* também se revela necessária nesse ambiente, uma vez que a heterogeneidade das matérias-primas e as variações nos tempos de processamento impactam diretamente a estabilidade do ritmo produtivo, conforme demonstrado por Xavier *et al.* (2024). O balanceamento das operações deve considerar as flutuações inerentes ao fornecimento agrícola e à demanda, exigindo ajustes contínuos na alocação de recursos e na distribuição das atividades ao longo da linha produtiva, conforme discutido por Carrijo (2024) ao abordar os desafios da aplicação do *Lean* na agricultura. A definição de ritmos produtivos fixos sem considerar essas variáveis tende a comprometer a eficiência operacional e a previsibilidade do sistema, segundo análise de Martins, Dos Anjos e Da Silva (2023).

A configuração do *layout* produtivo representa outro elemento que demanda adequação, uma vez que a disposição inadequada das etapas operacionais aumenta o número de deslocamentos, amplia o tempo de manuseio e eleva o risco de danos físicos e contaminação dos produtos, conforme identificado por Martins, Dos Anjos e Da Silva (2023) em ambientes agropecuários. A reorganização física das áreas produtivas, orientada à linearidade do fluxo e à redução de interferências entre etapas, contribui para maior fluidez do processo e preservação da integridade dos produtos hortícolas, como evidenciado por Mansilla-Blanco, Saldaña-Romero, e Chavez-Ugaz (2024).

Nesse contexto de preservação da integridade e rigor sanitário, a adoção de tecnologias auxiliares de sanitização, como o ozônio, tem se mostrado um diferencial estratégico para a aplicação do *Lean* na agroindústria, uma vez que a conformidade biológica é um pré-requisito para a continuidade do fluxo (XAVIER *et al.*, 2024). Segundo Gonçalves (2009), o ozônio atua como um potente agente oxidante e sanitizante, permitindo a redução da carga microbiana sem a necessidade de longos tempos de imersão ou o uso excessivo de produtos químicos que podem acelerar a oxidação foliar. A integração dessas tecnologias ao fluxo produtivo favorece a redução do tempo de processamento nas etapas de higienização, contribuindo diretamente para a fluidez do processo e para a extensão da

vida útil (shelf-life) dos vegetais minimamente processados (GONÇALVES, 2009; MARTINS; DOS ANJOS; DA SILVA, 2023).

A efetividade das práticas *Lean* nesse setor também está diretamente relacionada ao nível de capacitação dos operadores e ao grau de padronização das atividades, considerando a predominância de operações manuais nas etapas de beneficiamento e processamento mínimo, conforme apontado por Xavier *et al.* (2024). A ausência de padronização operacional amplia a variabilidade do processo e reduz a consistência dos resultados, situação observada por Carrijo (2024) ao analisar as barreiras à implementação do *Lean* em ambientes agrícolas. A adoção de treinamentos contínuos e a formalização de procedimentos operacionais configuram-se, portanto, como elementos essenciais para assegurar a eficácia das práticas enxutas na agroindústria de hortaliças, conforme reforçado por Xavier *et al.* (2024).

A efetividade da implementação do *Lean Manufacturing* na agroindústria de hortaliças está diretamente associada ao grau de comprometimento da liderança e à capacidade de condução do processo de mudança organizacional, uma vez que a adoção de práticas enxutas exige alinhamento estratégico e envolvimento ativo dos gestores na condução das melhorias, conforme apontado por Carrijo (2024) ao analisar os desafios da implementação do *Lean* em ambientes agrícolas. A ausência de apoio gerencial consistente compromete a continuidade das práticas e reduz a capacidade de institucionalização das melhorias ao longo do tempo, conforme evidenciado por Costa *et al.* (2018) em sua análise sobre fatores limitantes em cadeias alimentares.

A cultura organizacional também se configura como fator determinante para o sucesso do *Lean*, visto que a resistência à mudança e a manutenção de práticas tradicionais dificultam a assimilação de novos métodos de gestão e organização do trabalho, conforme discutido por Xavier *et al.* (2024) ao abordarem a adoção de práticas enxutas em unidades de produção agrícola. A falta de compreensão sobre os objetivos das ferramentas *Lean* e sua percepção apenas como imposições operacionais tendem a reduzir o engajamento dos colaboradores, situação observada por Carrijo (2024) ao tratar das barreiras comportamentais no setor agrícola.

Outro fator crítico refere-se ao monitoramento sistemático do desempenho por meio de indicadores operacionais, essencial para avaliar a efetividade das ações implementadas e sustentar a lógica de melhoria contínua, conforme destacado por Costa *et al.* (2018) em estudos sobre gestão da produção em ambientes alimentícios. A ausência de métricas claras e de acompanhamento contínuo compromete a capacidade de avaliação dos resultados e dificulta a consolidação das práticas enxutas no cotidiano operacional, conforme evidenciado por Xavier *et al.* (2024).

A sustentabilidade das práticas *Lean* no longo prazo depende, portanto, da integração entre gestão estratégica e operação, da coerência entre objetivos organizacionais e práticas aplicadas e da manutenção de rotinas estruturadas de acompanhamento e revisão dos processos, conforme reforçado por Carrijo (2024) e Xavier *et al.* (2024) em suas análises sobre implementação do Lean em contextos agroindustriais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2007), de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa para a coleta e análise dos dados operacionais. A natureza aplicada do estudo decorre da utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor como ferramenta central para diagnosticar o estado atual e projetar o estado futuro do fluxo produtivo, permitindo estimar o potencial de redução do lead time a partir da adoção do Sistema Puxado em um ambiente produtivo real.

O método do estudo de caso foi escolhido por permitir uma investigação aprofundada e contextualizada de sistemas produtivos reais, sendo amplamente utilizado na Engenharia de Produção para este fim (CAUCHICK MIGUEL, 2007). Cabe ressaltar que o escopo deste trabalho é de caráter analítico e propositivo. O foco reside na modelagem de cenário e na projeção de ganhos potenciais de eficiência, não contemplando a implementação física das melhorias ou o acompanhamento prático das alterações sugeridas no ambiente fabril.

3.2. A EMPRESA OBJETO DO ESTUDO DE CASO: HORTIFUTURO

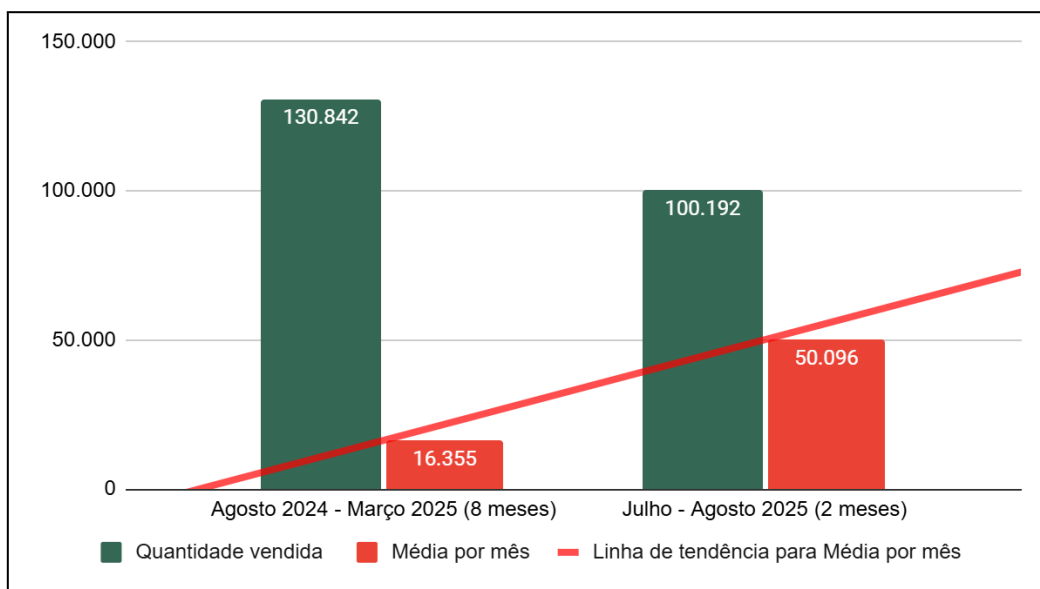
O objeto do estudo de caso é uma empresa de beneficiamento de hortaliças localizada na região da Grande Florianópolis, estado de Santa Catarina. A empresa denominada Hortifuturo está sediada em Santo Amaro da Imperatriz foi fundada com o propósito de “melhorar a vida do produtor rural e entregarmos um alimento seguro e de qualidade para a comunidade” (HORTIFUTURO, 2023). Sua proposta de valor inclui fortalecer relações sustentáveis com produtores rurais, adotar práticas de agricultura regenerativa e oferecer rastreabilidade e transparência em toda a cadeia produtiva.

A empresa atua recebendo hortaliças *in natura* de produtores locais e realizando etapas de triagem, inspeção, higienização, embalagem e transporte refrigerado, transformando-as em produtos prontos para consumo. Atualmente, a empresa atende, principalmente, mercados de bairro na

Grande Florianópolis, com planos de expansão para redes de supermercados, o que exige maior estabilidade produtiva e eficiência logística (HORTIFUTURO, 2023).

Os dados de venda da empresa indicam um crescimento expressivo da produção, passando de uma média mensal de 16.355 unidades beneficiadas entre agosto de 2024 e março de 2025 para 50.096 unidades entre julho e agosto de 2025 — um aumento superior a 200% sem concomitante aumento do número de colaboradores. A elevação no volume de vendas, mostrada na Figura 27 despertou a necessidade, por parte da empresa, de aprimorar o controle do fluxo produtivo e otimizar a utilização dos recursos disponíveis.

Figura 27 – Evolução das vendas de hortaliças beneficiadas na Hortifuturo



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da Hortifuturo.

3.3. ETAPAS DA PESQUISA

Para estruturação dos procedimentos metodológicos desta pesquisa, adotou-se a abordagem de estudo de caso proposto por Cauchick Miguel (2007). Esta seção apresenta, inicialmente, as etapas que compõem esse framework conforme descritas pelo autor e, na sequência, descreve como cada uma delas foi conduzida no contexto da Hortifuturo.

3.3.1. O método de estudo de caso segundo Cauchick Miguel (2007)

Para estruturação dos procedimentos metodológicos desta pesquisa, adotou-se a abordagem de estudo de caso fundamentada no framework proposto por Cauchick Miguel (2007), que organiza a condução da investigação em seis etapas interligadas. Esse framework foi construído pelo autor com base nos trabalhos de Forza (2002), Croom (2005) e Souza (2005), que estabelecem diretrizes para o planejamento, coleta, análise e reporte de estudos de caso na área de engenharia de produção e gestão das operações. O objetivo central desse modelo é conferir maior rigor metodológico à pesquisa, garantindo que as evidências coletadas sejam suficientes para responder às questões propostas e que as conclusões sejam sustentadas por uma análise criteriosa dos dados. Segundo o autor, a condução de um estudo de caso envolve desde a definição da estrutura conceitual-teórica até a geração do relatório final, passando por etapas de planejamento, teste piloto, coleta e análise dos dados.

3.3.1.1. Definição de uma estrutura conceitual-teórica

A primeira etapa do framework proposto por Cauchick Miguel (2007) consiste na definição de uma estrutura conceitual-teórica, que envolve o mapeamento da literatura existente sobre o tema investigado. Conforme o autor, essa etapa tem como propósito identificar as lacunas do conhecimento, definir as questões norteadoras da pesquisa e estabelecer os constructos teóricos que orientarão a coleta e a análise dos dados. O autor destaca que a revisão da literatura não deve se limitar a uma listagem de autores, mas sim construir um referencial que fundamente as decisões metodológicas e permita posicionar o estudo no contexto do conhecimento já produzido. Essa fase serve de base para todas as etapas subsequentes, garantindo que a investigação parta de uma base teórica sólida e coerente com os objetivos propostos (CAUCHICK MIGUEL, 2007)

3.3.1.2. Planejamento do caso

A etapa de planejamento do caso é descrita por Cauchick Miguel (2007) como o momento em que são definidas a unidade de análise, a escolha entre caso único ou casos múltiplos e a elaboração do protocolo de pesquisa. O autor ressalta que o protocolo é mais do que um mero roteiro de

perguntas, constituindo-se como um instrumento que melhora a confiabilidade e a validade do estudo, pois explicita o contexto da pesquisa, as variáveis de controle e os meios para a análise dos dados. Segundo o autor, a definição clara da unidade de análise é essencial para delimitar o escopo do estudo e evitar que a investigação se disperse em aspectos não relevantes para a questão de pesquisa. Essa fase também envolve o planejamento prévio dos métodos de análise, aspecto frequentemente negligenciado na condução de estudos de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

3.3.1.3. Condução de um teste piloto

A condução de um teste piloto constitui, segundo Cauchick Miguel (2007), uma etapa importante para verificar a adequação dos procedimentos definidos no protocolo de pesquisa antes da coleta de dados propriamente dita. O autor destaca que, embora não seja uma prática comum em estudos de caso, o teste piloto permite ao pesquisador identificar eventuais problemas nos instrumentos de coleta, ajustar a abordagem junto aos informantes e refinar o protocolo com base nas primeiras impressões do campo. Essa fase contribui para aumentar a confiabilidade do estudo, na medida em que reduz a probabilidade de erros durante a coleta e assegura que os dados obtidos sejam consistentes com os objetivos da pesquisa (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

3.3.1.4. Coleta dos dados

A coleta de dados corresponde, conforme Cauchick Miguel (2007), à etapa central do estudo de caso, na qual as evidências são obtidas por meio de múltiplas fontes, tais como observação direta, entrevistas, análise documental e registros arquivais. O autor enfatiza que a utilização de múltiplas fontes de evidência é um dos princípios fundamentais do estudo de caso, pois permite a triangulação dos dados, aumentando a robustez e a validade das conclusões. A coleta deve ser conduzida diretamente no ambiente real da organização, registrando-se os dados de forma sistemática para garantir que reflitam fielmente a realidade do fenômeno investigado. Essa etapa exige do pesquisador sensibilidade para identificar as informações relevantes e flexibilidade para adaptar os instrumentos conforme as condições encontradas em campo (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

3.3.1.5. Análise dos dados

A análise dos dados é definida por Cauchick Miguel (2007) como a etapa em que as evidências coletadas são organizadas, categorizadas e interpretadas de forma sistemática, buscando identificar padrões, convergências e divergências entre as fontes consultadas. O autor destaca que, no caso de estudos com múltiplos casos, deve-se realizar inicialmente uma análise individual de cada caso para, em seguida, proceder à análise cruzada, confrontando os resultados obtidos nas diferentes unidades de análise. O autor recomenda a construção de painéis com os dados como forma de sintetizar as evidências e facilitar a identificação das relações entre os constructos teóricos e os achados empíricos. Essa fase é crucial para transformar os dados brutos em conhecimento estruturado, sustentando as conclusões da pesquisa (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

3.3.1.6. Geração do relatório

A geração do relatório consiste, segundo Cauchick Miguel (2007), na etapa final do estudo de caso, na qual o conjunto das atividades desenvolvidas nas fases anteriores é consolidado em um documento que apresenta o referencial teórico, os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos, as conclusões e as contribuições da pesquisa. O autor ressalta que o relatório não se confunde com a monografia, tese ou dissertação, mas sim constitui o material gerador desses documentos, podendo também dar origem a artigos para congressos e periódicos. O relatório deve apresentar uma sequência lógica e coerente, demonstrando como as evidências coletadas respondem às questões de pesquisa e quais as implicações teóricas e práticas dos achados. O autor enfatiza que a qualidade do relatório reflete diretamente o rigor metodológico empregado ao longo de toda a investigação (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

3.3.2. Condução da pesquisa na Hortifuturo

A condução da pesquisa na Hortifuturo foi estruturada em cinco etapas, organizadas de forma a refletir a lógica sequencial do framework de estudo de caso proposto por Cauchick Miguel (2007). Cada etapa adaptada estabelece uma correspondência direta com as fases do método original, respeitando sua cronologia e seus objetivos. Cabe destacar que a terceira

etapa do framework, condução de um teste piloto, não foi aplicada como uma fase isolada neste estudo, pois o caráter observacional e projetivo da pesquisa dispensou a necessidade de testar instrumentos antes da coleta. Contudo, a observação direta do funcionamento do processo no dia a dia da empresa, realizada durante o diagnóstico, cumpriu papel equivalente ao verificar a adequação dos procedimentos de coleta e permitindo ajustes antes da análise aprofundada. As demais etapas foram adaptadas conforme descrito a seguir.

3.3.2.1. Diagnóstico do fluxo produtivo

A primeira etapa do estudo na Hortifuturo corresponde à Etapa 1 do framework de estudo de caso proposto por Cauchick Miguel (2007) — definição de uma estrutura conceitual-teórica. O referencial teórico sobre Mapeamento do Fluxo de Valor, Sistema Puxado e *Lean* na Agroindústria, consolidado no Capítulo 2, forneceu a lente conceitual necessária para estruturar o diagnóstico e interpretar o estado atual da Hortifuturo. A coleta foi realizada diretamente no ambiente produtivo, por meio de observações in loco, registros dos tempos de processamento, levantamento do fluxo de materiais, identificação das etapas operacionais e acompanhamento do comportamento dos estoques intermediários. Nessa fase, também foi realizada a definição da família de produtos a ser mapeada, etapa fundamental para delimitar o escopo do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Complementarmente, foram realizadas conversas informais com operadores e gestores, visando compreender o funcionamento do processo e as dificuldades enfrentadas na sincronização entre produção e demanda. As informações levantadas foram então apresentadas à equipe operacional e à gestão da agroindústria, permitindo a validação dos dados coletados, ajustes interpretativos e o reconhecimento conjunto dos principais problemas do fluxo produtivo. Essa etapa corresponde, no contexto do MFV, à construção do Mapa do Estado Atual.

3.3.2.2. Análise e identificação de oportunidades

A segunda etapa articula três fases do framework de Cauchick Miguel (2007). Em primeiro lugar, o planejamento do caso (Etapa 2) correspondeu à definição da Hortifuturo como unidade de análise e à delimitação do escopo da investigação, com foco na família de produtos de folhosas. Em segundo lugar, a condução da observação direta do funcionamento cotidiano da produção, em correspondência ao teste piloto (Etapa 3), permitiu verificar a adequação dos instrumentos de coleta e realizar ajustes na abordagem antes da análise aprofundada. Em terceiro lugar, a coleta dos dados (Etapa 4) foi realizada por meio de múltiplas fontes de evidência, observação, medição de tempos, análise de registros e entrevistas informais, permitindo a triangulação necessária para conferir robustez às conclusões.

As informações coletadas permitiram identificar inconsistências no fluxo produtivo, tempos excessivos de espera, desbalanceamento entre etapas e acúmulo de produtos em processo. A partir dessa análise, foi possível compreender de que maneira a ausência de sincronização entre produção e demanda contribuía para perdas operacionais, instabilidade do fluxo e restrições de produtividade. No contexto do MFV, essa etapa corresponde à identificação dos gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria a partir do Mapa do Estado Atual.

3.3.2.3. Planejamento do sistema puxado

A terceira etapa corresponde à Etapa 5 do *framework* de Cauchick Miguel (2007) — análise dos dados. A análise sistemática das evidências coletadas permitiu consolidar o diagnóstico por meio do Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO), confrontando cada processo com o *Takt Time* calculado e identificando o gargalo estrutural no processo de Corte (25 segundos, acima do *Takt Time* de 20,05 segundos). A Taxa de Agregação de Valor (TAV) de apenas 0,067% evidenciou o baixo aproveitamento do tempo total de lead time, fundamentando a necessidade de transição para um sistema puxado.

Com base nessa análise, foram estabelecidas as diretrizes para o desenvolvimento do Sistema Puxado na Hortifuturo, contemplando o

redesenho do fluxo produtivo, a definição dos pontos de controle, o dimensionamento dos estoques intermediários e a reorganização das rotinas operacionais, com foco na sincronização entre produção e demanda. No contexto do MFV, essa etapa corresponde à construção do Mapa do Estado Futuro e ao planejamento dos loops de implementação.

3.3.2.4. Detalhamento dos mecanismos operacionais do sistema puxado

A quarta etapa corresponde à Etapa 6 do *framework* de Cauchick Miguel (2007) — geração do relatório, sendo a primeira parte do desdobramento dos resultados consolidados do estudo. Esta etapa aprofundou-se no detalhamento operacional do Sistema Puxado projetado para a Hortifuturo. Foram dimensionados os cartões *Kanban*, definindo quantidades, tamanhos de lote e pontos de sinalização ao longo do fluxo, e estabeleceu-se o layout e os níveis dos supermercados entre os processos. Este detalhamento foi realizado com base nos dados reais de demanda, tempos de ciclo e capacidade levantados no diagnóstico, de modo a garantir que o projeto do sistema puxado fosse factível e aderente à realidade operacional da agroindústria.

É importante destacar que esta etapa consistiu em um exercício projetivo: o sistema foi dimensionado e documentado como um projeto detalhado, não implementado fisicamente no chão de fábrica durante o período do estudo, em decorrência das limitações de tempo e escopo próprias de um trabalho de conclusão de curso.

3.3.2.5. Análise comparativa: estado atual vs. estado futuro

A quinta etapa dá continuidade ao desdobramento da Etapa 6 do *framework* de Cauchick Miguel (2007) — geração do relatório, consolidando os resultados do estudo por meio da análise comparativa entre os cenários. Esta etapa consistiu na confrontação entre o estado atual diagnosticado e o estado futuro projetado, com o objetivo de estimar o potencial de redução do lead time e a melhoria do fluxo produtivo decorrentes da adoção do Sistema Puxado. Os indicadores do cenário atual, *lead time*, estoques intermediários e eficiência de fluxo, foram confrontados com os indicadores projetados para

o estado futuro, calculados a partir da compressão dos estoques intermediários proporcionada pelo fluxo puxado e pela sincronização entre os postos de trabalho.

Essa análise permitiu quantificar, em termos percentuais e absolutos, o ganho esperado no tempo de atravessamento e na eficiência global do fluxo, consolidando a avaliação do potencial do sistema puxado como solução para os problemas identificados no contexto da agroindústria de hortaliças estudada.

4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados e discussões decorrentes da aplicação prática deste estudo na empresa Hortifuturo. A análise está estruturada de modo a detalhar inicialmente a definição da família de produtos, avançando para o diagnóstico situacional do fluxo atual e as respectivas proposições de melhoria baseadas na filosofia Lean.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS

A etapa inicial para a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) consiste na definição da família de produtos, visto que a análise deve se concentrar em grupos de itens que percorrem etapas de processamento similares e compartilham recursos produtivos comuns (ROTHER; SHOOK, 2003). Na Hortifuturo, a diversidade do portfólio exigiu um diagnóstico prévio para agrupar os itens em quatro classes distintas, cujos dados detalhados podem ser consultados no Apêndice A: (i) Folhosas Inteiras Higienizadas; (ii) Folhosas e Temperos Picados; (iii) Raízes e Tubérculos Processados; e (iv) Hortaliças em Bandeja.

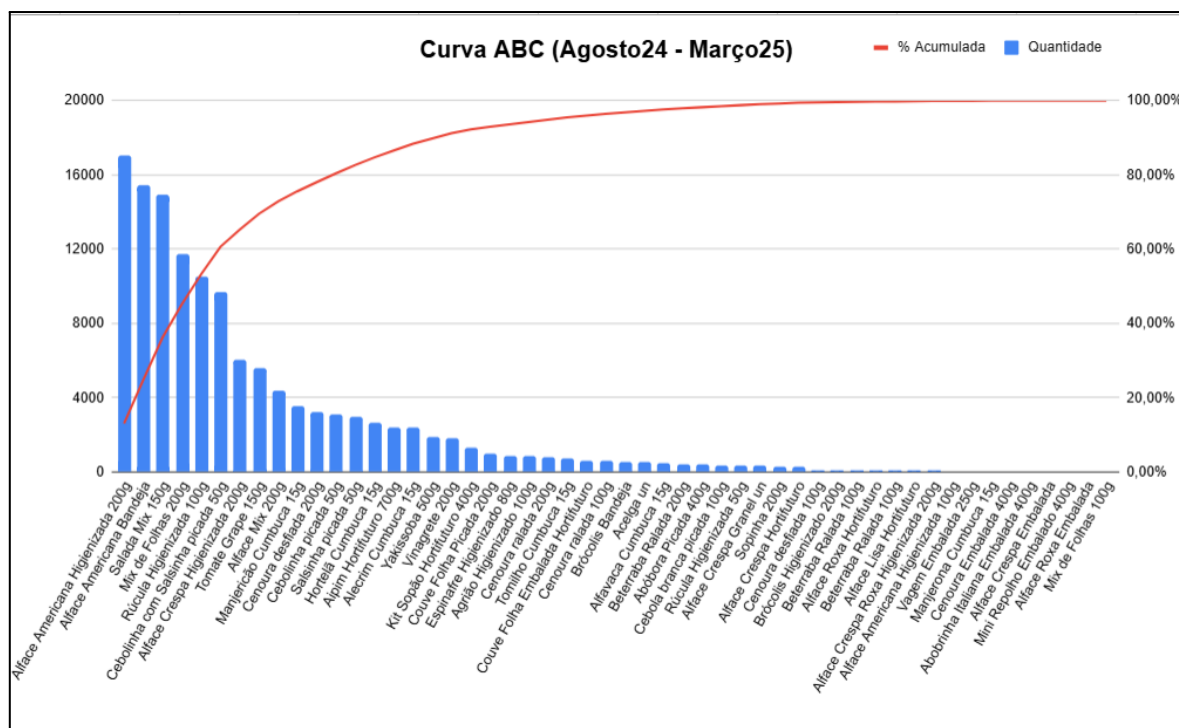
Para a seleção da família foco deste estudo, utilizou-se o método 80/30 proposto por Duggan (2018), que avalia a similaridade de processos e a variação do conteúdo de trabalho. No tocante à similaridade, a matriz evidenciou que as classes de Folhosas Inteiras Higienizadas e Folhosas e Temperos Picados compartilham 78% de suas etapas produtivas. Embora esse percentual esteja ligeiramente abaixo do critério rigoroso de 80% sugerido por Duggan (2018), o autor ressalta que valores próximos são aceitáveis quando a variação do conteúdo de trabalho é estável.

Essa compatibilidade não é observada nas demais classes analisadas. A classe de Raízes e Tubérculos Processados (Cenoura desfiada/ralada, Beterraba ralada e Yakissoba) apresenta uma similaridade inferior a 70% em relação ao fluxo principal, devido às etapas exclusivas de descasque e ralação mecânica. Já a classe de Hortaliças em Bandeja (ex: Alface Americana Bandeja) apresenta uma semelhança de apenas 33% com o fluxo industrial, visto que seu processamento é majoritariamente manual e omite as etapas de higienização automatizada.

A validação técnica para a união das duas primeiras classes foi corroborada pela análise do conteúdo de trabalho (work content). Os cálculos indicaram que a variação do tempo total de processamento entre os produtos das famílias de Folhosas Higienizadas e Picadas é de apenas 3,41%, detalhados no Apêndice B. Como esse valor é significativamente inferior ao limite de 30% estabelecido por Duggan (2018), confirmou-se que o ritmo produtivo é estável o suficiente para permitir o balanceamento de linha e a futura implementação de um sistema puxado.

Ademais, a análise de demanda ratifica a relevância estratégica desta escolha. Conforme apresentado na Figura 28, a curva ABC de vendas evidencia que a família selecionada (composta pelas folhosas e itens picados) domina o volume operacional da organização. No período compreendido entre agosto de 2024 e março de 2025, a Hortifuturo registrou um volume total de 130.842 unidades vendidas, das quais 85.527 unidades pertencem à família foco.

Figura 28 – Curva ABC de vendas da Hortifuturo (Agosto/2024 a Março/2025)



Fonte:Elaborado pelo autor (2026)

A visualização da Figura 28 permite observar que os itens com maior giro, os chamados *runners*, são justamente aqueles que compõem as classes

de Folhasas Higienizadas e Picadas, representando aproximadamente 65,37% das vendas totais. Essa concentração de demanda cujos dados detalhados de volume e *share* de vendas constam no relatório completo do Apêndice C, justifica o direcionamento dos esforços de melhoria para este fluxo, visto que qualquer ganho de eficiência terá um impacto direto na maior parte do faturamento e da movimentação física da agroindústria.

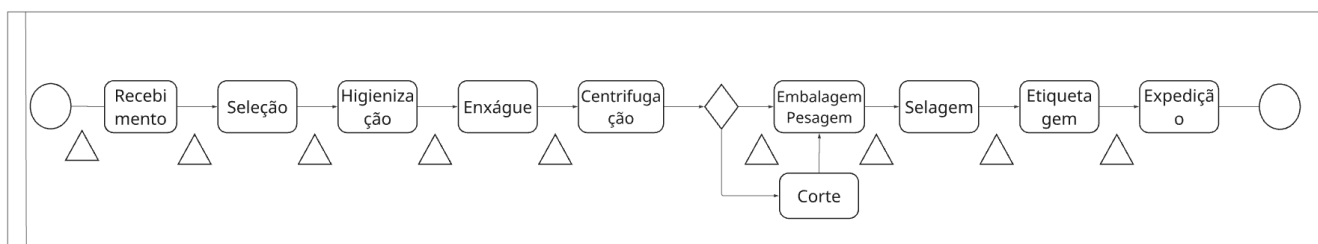
Cabe ressaltar que o referido relatório (Apêndice C) evidencia também produtos que, embora possuam relevância no faturamento, não constam na matriz de processos por serem itens de revenda. Entre esses produtos, destacam-se o Aipim Hortifuturo 700g, o Tomate Grape 150g, Alface Americana Bandeja e os temperos em cumbuca (Manjerição, Alecrim e Hortelã). Tais itens são comercializados *in natura*, sem passar pelo beneficiamento industrial que constitui o objeto desta pesquisa. A exclusão tanto das classes divergentes quanto dos itens de revenda assegura que o mapeamento seja aplicado a um fluxo homogêneo, permitindo uma análise precisa da capacidade produtiva e dos desperdícios do sistema.

4.2. DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL

4.2.1. Dinâmica do fluxo de beneficiamento

Para a compreensão detalhada das etapas que agregam valor ao produto, bem como das interrupções que caracterizam o fluxo atual, a Figura 29 apresenta o fluxograma de beneficiamento das hortaliças na Hortifuturo. Este diagrama ilustra a sequência lógica das operações para a família de produtos selecionada, destacando visualmente os pontos de acúmulo de materiais (estoques intermediários), representado por triângulos entre os processos, identificados durante a observação direta no gembá.

Figura 29 – Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Complementarmente, a caracterização da capacidade operacional exige a definição dos parâmetros de jornada e força de trabalho da unidade. A empresa opera de segunda a sexta-feira, com jornada das 08:00 às 17:30, o que totaliza a carga horária de 42,5 horas semanais, permitida pela legislação vigente. A jornada bruta diária de 570 minutos é reduzida por 90 minutos destinados a paradas programadas, compreendendo um intervalo matinal de 15 minutos (09:50 às 10:05), o período de almoço de 60 minutos (12:00 às 13:00) e uma pausa vespertina de 15 minutos (15:15 às 15:30), resultando em um tempo líquido disponível para a produção de 480 minutos (28.800 segundos) por dia.

Considerando uma média mensal de 22 dias úteis de operação, a disponibilidade líquida total da unidade é de 10.560 minutos, equivalentes a 633.600 segundos por mês. A força de trabalho alocada diretamente no fluxo de beneficiamento da família foco é composta por cinco colaboradoras, incluindo a supervisora da unidade que, além das atividades de gestão, atua diretamente na execução das etapas operacionais de processamento e embalagem.

O fluxo operacional, detalhado na Figura 29, inicia-se com o recebimento da matéria-prima, que ocorre com uma frequência de três vezes por semana. Os produtos são entregues pelos produtores rurais em caixas padronizadas contendo, em média, 5 kg de hortaliças in natura ("sujas"), as quais são imediatamente alocadas no estoque de matéria-prima. A gestão deste estoque é pautada por um baixo giro, dimensionado estritamente para acompanhar as três entregas semanais, estratégia que se justifica pela natureza altamente perecível dos insumos e pelo curto período de vida útil (*shelf-life*), visando assegurar a integridade microbiológica e os padrões de qualidade.

A etapa de transformação física tem início com a seleção, realizada em um ambiente externo à sala de preparo principal. Para esta operação, são alocadas quatro operadoras que executam a triagem manual, separando as partes selecionadas em caixas auxiliares e descartando folhas fora do padrão em recipientes específicos. Observou-se que esse descarte gera uma perda de massa de aproximadamente 30% em relação ao peso bruto recebido, e a atividade demanda cerca de 1 hora para a conclusão do lote previsto.

Diferentemente de um fluxo contínuo, os itens selecionados são acumulados em caixas até a finalização da tarefa, caracterizando a formação de um estoque intermediário que precede a etapa seguinte.

Concluída a seleção, as mesmas quatro operadoras iniciam a pré-limpeza em dois tanques abastecidos apenas com água potável, para remoção de sujidades grosseiras e detritos remanescentes do campo. Esta operação demanda aproximadamente 20 minutos para o processamento total das caixas e é conduzida de forma intermitente até o esgotamento do lote, preparando o material para o ingresso na sala de preparo climatizada.

Enquanto as quatro operadoras conduzem as etapas iniciais de seleção e pré-limpeza, a quinta colaboradora, que atua como supervisora, realiza simultaneamente atividades de suporte, logística e preparação técnica. Suas funções envolvem a análise do plano de produção, a movimentação de caixas do estoque até o posto de seleção e a coordenação da rotação das funcionárias para mitigar riscos ergonômicos.

Em paralelo, a supervisora executa o *setup* externo da sala climatizada, realizando o abastecimento e a calibração química dos tanques de higienização com as proporções adequadas de água potável, saneante e agentes de estabilização. Adicionalmente, prepara a infraestrutura para as etapas subsequentes, organizando a centrífuga, mesa de corte, balança e seladora. Essa atuação garante que o fluxo ingresse na fase industrial sem tempos de espera por preparação de ambiente.

A partir do momento em que o processo inicia na sala climatizada, a configuração da equipe é redistribuída: uma operadora assume a responsabilidade sequencial pela higienização, enxágue e centrifugação; uma operadora é dedicada exclusivamente ao corte; duas operadoras conduzem a pesagem e embalagem; e a quinta colaboradora encarrega-se da selagem e etiquetagem.

Os processos de higienização e enxágue constituem o núcleo de segurança sanitária, caracterizados por tempos de imersão rigorosos e um desequilíbrio de capacidade. A higienização processa simultaneamente duas caixas (10 kg) em solução clorada por 15 minutos, etapa vital para a redução da carga microbiana e eliminação de patógenos. Na sequência, o enxágue possui capacidade nominal de apenas uma caixa (5 kg) por ciclo de 5

minutos. Essa disparidade de 50% na capacidade de processamento gera, obrigatoriamente, um estoque intermediário (*WIP*) dentro do próprio tanque de higienização, onde metade do lote deve aguardar a liberação do posto subsequente.

O enxágue, realizado apenas com água potável, cumpre três objetivos fundamentais: (i) a eliminação de resíduos químicos da solução clorada; (ii) a preservação da integridade física das hortaliças, evitando a oxidação das folhas; e (iii) a remoção final de sujidades remanescentes. Ao concluir o enxágue, os produtos seguem para a centrifugação, onde identifica-se um novo descompasso: a centrífuga de cesto opera com capacidade de 4 kg por ciclo de 4 minutos (cadência de 1,0 kg/min), enquanto o posto anterior entrega lotes de 5 kg. Essa variação exige que parte do material permaneça em espera, configurando mais um estoque intermediário.

Tecnicamente, a centrifugação é estratégica para a extensão do *shelf-life* ao remover a umidade superficial, inibindo a proliferação de microrganismos e mantendo a qualidade sensorial (textura e crocância), além de evitar a condensação interna na embalagem.

Após a centrifugação, ocorre uma divergência no fluxo: aproximadamente 38% do volume da família estudada é direcionado ao Corte, que apresenta uma taxa de processamento de 25 segundos para fazer 200 gramas (0,48 kg/min), caracterizando um gargalo e gerando um estoque pré-corte. Os 62% remanescentes seguem para a Embalagem e Pesagem, executadas simultaneamente por duas operadoras. Esta etapa apresenta um tempo médio de 1 minuto e 25 segundos por quilograma (cadência de aprox. 0,70 kg/min). Comparada à cadência da centrífuga (1,0 kg/min), a embalagem possui produtividade cerca de 30% inferior, gerando acúmulo constante de *WIP*.

A análise da dinâmica revela que a ociosidade gerada na embalagem durante o processamento dos itens cortados é mitigada pelo processamento do passivo de produtos inteiros acumulados anteriormente. Isso confirma que os produtos que não passam pelo corte permanecem parados por períodos prolongados, evidenciando uma falha na sincronização do fluxo e a presença de estoques que não agregam valor.

O último processo de agregação direta de valor ao produto consiste na Selagem e Etiquetagem. Devido à alta cadência de saída da seladora (3,0 kg/min), a operadora responsável consegue absorver simultaneamente a preparação e a etiquetagem das embalagens vazias que serão utilizadas no dia, disponibilizando-as de forma antecipada às operadoras da embalagem e pesagem.

Ao final do turno, destinam-se aproximadamente 20 minutos para as atividades de encerramento e sanitização. Duas operadoras ficam responsáveis pela higienização completa da sala de preparo, enquanto as outras três realizam a movimentação das unidades finalizadas para o estoque de produtos acabados ou para o carregamento imediato no caminhão. Salienta-se que o veículo refrigerado é utilizado estrategicamente como extensão do estoque climatizado, o que assegura a manutenção da cadeia do frio e agiliza a logística de expedição no dia subsequente.

A dinâmica de movimentação dos materiais é condicionada pela disposição dos postos de trabalho nos dois ambientes da unidade. No setor externo, o fluxo percorre o trajeto entre o estoque de matéria-prima, a seleção e a pré-limpeza. Ao ingressar na sala climatizada, o percurso estende-se da higienização até a selagem, com uma ramificação conforme o produto: as folhosas inteiras seguem da centrifugação diretamente para a pesagem, enquanto os itens picados e temperos passam pela bancada de corte antes do envase final. Essa configuração do fluxo estabelece trajetórias distintas que, no cenário atual, contribuem para a retenção de materiais e para a formação dos estoques intermediários identificados.

4.2.2. Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

A construção do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para a família de produtos em estudo seguiu a metodologia proposta por Rother e Shook (2003), iniciando-se com a coleta de dados in loco por meio de observação direta no *gemba*, o chão de fábrica, onde foram cronometrados os tempos de ciclo, aferidos os tempos de *setup*, registrados os tamanhos de lote e contabilizados os estoques intermediários entre cada estação de trabalho.

A condução do mapeamento observou a sequência preconizada pela literatura: primeiramente, buscou-se conhecer o fluxo, identificando o cliente

final e todos os processos envolvidos na transformação da matéria-prima em produto acabado; em seguida, procedeu-se à coleta de dados no sentido inverso ao fluxo produtivo, partindo da expedição em direção à matéria-prima, conforme recomendado para evitar omissões e garantir a acurácia das informações. Após a consolidação dos dados, desenhou-se o fluxo de material, representando graficamente a sequência de operações, os estoques e os deslocamentos físicos; posteriormente, desenhou-se o fluxo de informação, mapeando como as ordens de produção e as comunicações com fornecedores e clientes trafegam entre o PCP e os demais elos da cadeia; e, por fim, desenhou-se a linha do tempo na porção inferior do mapa, registrando os tempos de processamento e os lead times de cada etapa, de modo a evidenciar a relação entre o tempo em que o produto efetivamente agrega valor e o tempo total em que permanece dentro do sistema produtivo.

O primeiro passo do mapeamento consistiu em conhecer o fluxo, identificando os elos que compõem a cadeia de valor da família de produtos em estudo. O cliente final é representado por mercados, supermercados e mercearias da região, que recebem os produtos diariamente por meio de frota própria refrigerada. A partir da demanda mensal dessa família, 10.316 embalagens, e do tempo disponível para produção no período, calculou-se o *takt time* do sistema, conforme preconizado por Rother e Shook (2003).

Considerando uma jornada diária de 28.800 segundos líquidos de produção e 22 dias úteis no mês, totalizando 633.600 segundos disponíveis, o *takt time* obtido foi de aproximadamente 61,4 segundos por embalagem de 200 gramas, SKU de maior peso unitário, adotado como referência por representar o pior caso em termos de capacidade produtiva. Esse valor indica o ritmo com que o sistema deve operar para atender à demanda do cliente sem gerar sobreprodução ou atrasos. A matéria-prima, por sua vez, é fornecida por produtores rurais da agricultura familiar local, com entregas realizadas de duas a três vezes por semana.

Internamente, o fluxo produtivo abrange oito processos sequenciais: Seleção, Pré-Limpeza, Higienização, Enxágue, Centrifuga, Corte, Embalagem/Pesagem e Selagem, dispostos em uma área produtiva que compreende uma sala de preparo climatizada e uma sala de selagem anexa, conectadas por uma janela de passagem. A expedição ocorre diretamente

dos freezers para o caminhão refrigerado, fechando o ciclo entre o recebimento da matéria-prima e a entrega ao cliente.

O segundo passo metodológico consistiu na coleta de dados no sentido inverso ao fluxo produtivo, partindo da expedição em direção à matéria-prima, conforme preconizado por Rother e Shook (2003). Para cada processo, foram levantados cinco parâmetros operacionais fundamentais para a caracterização do fluxo. O Tempo de Ciclo (TC) representa o intervalo de tempo necessário para processar uma unidade do produto em cada estação, medido em segundos; processos com TC mais baixo indicam maior capacidade de processamento instantâneo. O Tempo de *Setup* corresponde ao período despendido para preparar o equipamento entre trocas de lote ou de produto, quanto maior o *setup*, maior a interrupção no fluxo e, consequentemente, maior o acúmulo de estoque a montante.

O lote indica a quantidade de unidades processadas simultaneamente em cada ciclo, podendo ser expresso em unidades ou em quilogramas. A Dedicção refere-se ao percentual de produtos da própria família que efetivamente passa por cada processo, ou seja, indica o fluxo de derivativos dentro da mesma família: um valor inferior a 100% significa que nem todos os produtos da família percorrem aquele processo, como ocorre no Corte, pelo qual apenas 38,3% dos itens da família são processados, enquanto os 61,7% restantes seguem diretamente para a embalagem. Por fim, o N° de Operadores contabiliza a quantidade de colaboradores alocados diretamente a cada posto de trabalho. A Tabela 1 consolida os dados coletados para cada processo ao longo do fluxo produtivo.

Tabela 1 – Dados informativos do Mapeamento do Fluxo de Valor

Processo	TC (s)	Setup (s)	Lote	Dedicação (%)	Nº de Operadores
Seleção	6,25	0	25 (5 kg)	100	4
Pré-Limpeza	2	0	5 (1 kg)	100	4
Higienização	18	600	50 (10 kg)	100	1
Enxágue	12	120	25 (5 kg)	100	1
Centrifugação	12	120	20 (4 kg)	100	1
Corte	25	120	1 (0,2 kg)	38,3	1
Embal./Pesagem	17	0	1 (0,2 kg)	100	1
Selagem	4	0	1 (0,2 kg)	100	1

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

O terceiro passo consistiu em desenhar o fluxo de material, representando graficamente o percurso físico da matéria-prima desde o recebimento até a expedição. Os fluxos externos, do fornecedor ao primeiro processo e do último processo ao cliente, foram representados por setas com contorno e preenchimento, indicando o deslocamento físico dos materiais entre a fábrica e os elos da cadeia. Já o fluxo interno entre os processos foi representado por setas listradas, características de sistemas de produção empurrada (*push system*), nas quais cada estação produz e empurra seu lote para a estação seguinte independentemente da demanda real do posto *downstream*, coerente com a lógica de planejamento baseada em previsão de demanda adotada pela empresa. Ao longo do fluxo, foram registrados os estoques em seus respectivos pontos, classificados entre estoque armazenado (matéria-prima e produto acabado) e estoque em processo (WIP) entre cada par de processos, identificados pelo símbolo triangular no MFV, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Estoques ao longo do fluxo produtivo

Localização	Tipo de Estoque	Quantidade (kg)	Nº de Caixas
Freezer - Matéria-Prima	Armazenado	340	68
Antes da Pré-Limpeza	Em processo (WIP)	95	19
Antes da Higienização	Em processo (WIP)	95	19
Antes do Enxágue	Em processo (WIP)	5	1
Antes da Centrifuga	Em processo (WIP)	6	1,2
Antes do Corte	Em processo (WIP)	18	3,6
Antes da Embal./Pesagem	Em processo (WIP)	35	7
Antes da Selagem	Em processo (WIP)	2	0,4
Freezer - Produto Acabado	Armazenado	160	32

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Observa-se que os maiores volumes concentram-se nos estoques armazenados (matéria-prima com 300 kg e produto acabado com 160 kg) e nos estágios iniciais do WIP, antes da Pré-Limpeza (95 kg) e antes da Higienização (95 kg), onde os lotes de transferência são mais expressivos. O acúmulo à montante evidencia o efeito do sistema empurrado combinado com tempos de troca elevados, como os 600 segundos de *setup* da Higienização, que interrompem o fluxo e geram filas intermediárias.

Destacam-se dois pontos de estrangulamento ao longo do fluxo, cujo comportamento ajuda a explicar a formação dos WIPs observados. O estoque antes do Corte (18 kg) decorre do desbalanceamento entre a alimentação provinda da Centrifuga e a capacidade de processamento do Corte. A cada lote de 20 embalagens da Centrifuga (a cada 240 segundos), aproximadamente 8 embalagens (38,3%) seguem para o Corte. No entanto, o Corte opera com tempo de ciclo de 25 segundos por unidade e necessita de 120 segundos de *setup* a cada lote, resultando em um tempo total de 320 segundos para processar as 8 unidades. Nesse intervalo, a Centrifuga já alimentou aproximadamente 10,7 embalagens, gerando um excedente de 2,7 unidades por ciclo, acúmulo esse que se consolida ao longo de um turno de produção.

O estoque antes da Embalagem/Pesagem (35 kg), por sua vez, é explicado pela confluência de dois fluxos simultâneos: as 12 embalagens que seguem diretamente da Centrifuga (61,7%) a cada 240 segundos, somadas

às 8 embalagens que chegam do Corte a cada 320 segundos. A taxa de chegada combinada é de aproximadamente 0,075 embalagens por segundo, enquanto as duas operadoras da Embalagem processam a uma taxa de 0,059 embalagens por segundo (considerando o TC de 17 segundos), resultando em um excedente estrutural de 0,016 embalagens por segundo que se acumula ao longo da jornada.

O estoque de matéria-prima no estado atual é de aproximadamente 340 kg, o que representa um tempo de permanência de 1.440 minutos (giro de 3 dias de produção). É importante ressaltar que este volume refere-se à demanda bruta, pois contempla um índice médio de descarte de 30% inerente às etapas de seleção e pré-limpeza. Dessa forma, enquanto a demanda líquida diária era de 470 unidades, a necessidade bruta de processamento era de 671 unidades/dia, totalizando cerca de 2.014 unidades estocadas para cobrir o ciclo de reposição. Em termos logísticos, esse inventário equivale a aproximadamente 68 caixas de matéria-prima, volume estrategicamente mantido para absorver a frequência de abastecimento dos fornecedores.

Complementarmente, o estoque de produto acabado é estimado em 160 kg, o que equivale a 720 minutos na linha do tempo, representando um giro de 1,5 dia. Esse volume físico corresponde a cerca de 705 unidades acabadas (aproximadamente 32 caixas), adotado para garantir a expedição diária ao cliente e absorver variações pontuais na demanda final.

O quarto passo consistiu em desenhar o fluxo de informação, representando como as ordens de produção, as previsões de demanda e as comunicações trafegam entre o PCP, os fornecedores, os clientes e os processos internos. A comunicação entre o PCP e os elos externos da cadeia, fornecedores e clientes, ocorre eletronicamente, representada no MFV por setas em formato de raio, caracterizando um fluxo do tipo *online* tanto para a transmissão das previsões de compra quanto para o recebimento dos pedidos reais. Embora as entregas físicas de matéria-prima ocorram de duas a três vezes por semana, as compras são realizadas diariamente, assim como as vendas, revelando uma dissociação entre a frequência de abastecimento e a cadência de consumo.

No âmbito interno, o PCP comunica-se diretamente com apenas dois pontos do fluxo produtivo: o primeiro processo (Seleção), ao qual envia a previsão de demanda esperada para o período, e o último processo (Expedição), do qual recebe a informação real dos pedidos dos clientes. Essa configuração gera um descompasso entre o que foi previsto e o que efetivamente foi demandado: quando a produção, com base na previsão, supera os pedidos reais, o excedente é direcionado ao estoque de produto acabado, acumulando-se como WIP ao final do fluxo.

Entre os processos intermediários, não há transmissão formal de ordens, a informação flui junto com o próprio material, isto é, o lote que chega a cada estação carrega consigo a informação indireta de que deve ser processado e enviado adiante, característica típica de sistemas empurrados onde o planejamento centralizado dita o ritmo e os postos downstream não sinalizam sua real necessidade de abastecimento.

O quinto e último passo consistiu em desenhar a linha do tempo na porção inferior do mapa, estruturada no formato de um gráfico em dente de serra (ou degraus), cujo objetivo é separar visualmente o tempo em que o produto efetivamente agrega valor do tempo em que permanece parado aguardando processamento. Os degraus superiores (topos) registram o Tempo de Não Agregação de Valor (SVA - *Non-Value Added*), que corresponde ao período em que o material aguarda em estoque até ser processado pela estação seguinte, calculado a partir da quantidade em estoque multiplicada pelo Tempo de Ciclo do processo cliente, acrescido do tempo de setup deste mesmo processo, quando houver.

Os degraus inferiores (fundos) registram o Tempo de Agregação de Valor (VA - *Value Added*), que corresponde ao Tempo de Ciclo (TC) de cada operação, ou seja, o tempo em que o produto está sendo efetivamente transformado. A Tabela 3 consolida esses tempos para cada etapa do fluxo produtivo, considerando o lead time individual extraído da linha do tempo e o VA calculado a partir dos TCs cronometrados.

Tabela 3 – Linha do tempo: Tempo de Agregação de Valor (VA) e lead time por processo

Processo	VA -TC (s)	VA -TC (min)	SVA (min)	Lead Time Individualmente
Seleção	6,25	0,1	1439,9	1440
Pré-Limpeza	2	0,03	49,97	50
Higienização	18	0,3	15,7	16
Enxágue	12	0,2	4,8	5
Centrifuga	12	0,2	7,8	8
Corte	25	0,42	37,08	37,5
Embal./Pesagem	17	0,28	49,72	50
Selagem	4	0,07	49,93	50
Expedição (PA)			720	720
Total	96,25	1,6	2374,9	2376,5

Fonte:Elaborado pelo autor

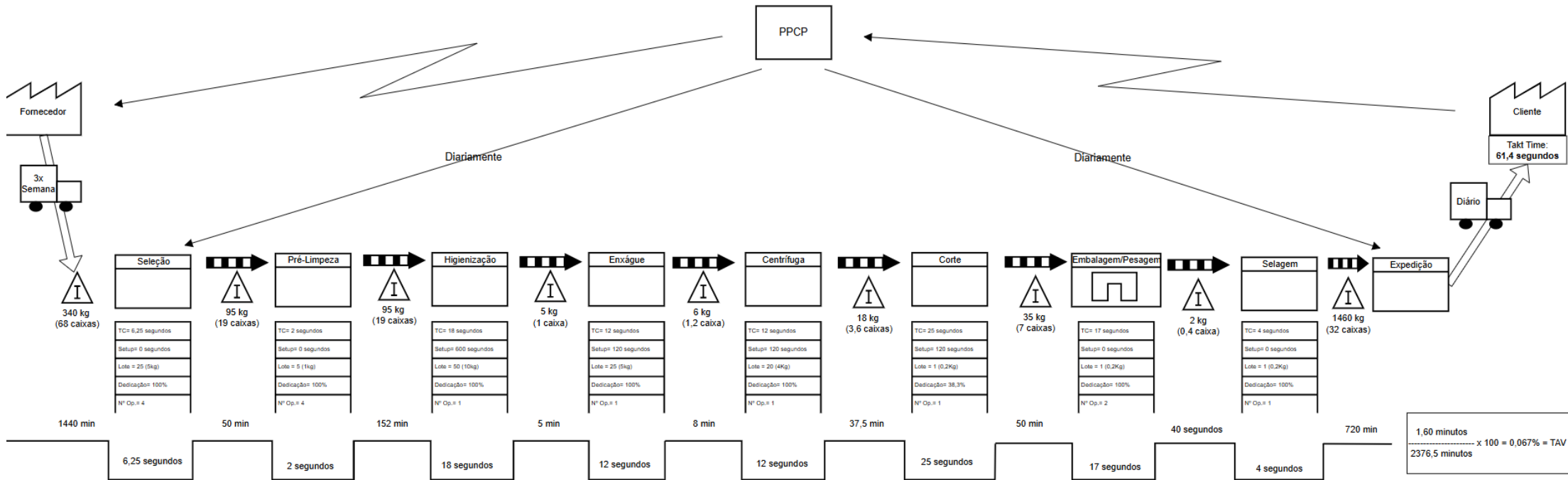
Conforme evidenciado na Tabela 3, o Tempo de Agregação de Valor total é de apenas 1,60 minuto, enquanto o lead time total é de 2376,5 minutos. A razão entre esses valores resulta no indicador de eficiência do fluxo de valor, representado pela equação (6):

$$TAV = \frac{1,60 \cdot 100}{2376,5} = 0,067\% \quad \text{Eq. 6}$$

Esse percentual revela que, para cada minuto em que o produto está sendo efetivamente transformado, ele permanece cerca de 1.485 minutos (aproximadamente 25 horas) parado entre processos, aguardando filas ou sendo movimentado, característico de sistemas empurrados com alta densidade de estoques intermediários e tempos de setup elevados, apontando oportunidades significativas de melhoria por meio da aplicação de técnicas de produção enxuta.

O Mapeamento do Fluxo de Valor completo, com todas as informações aqui descritas, encontra-se na Figura 30:

Figura 30 – Mapa do Fluxo de Valor - Estado Atual (VSM)



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

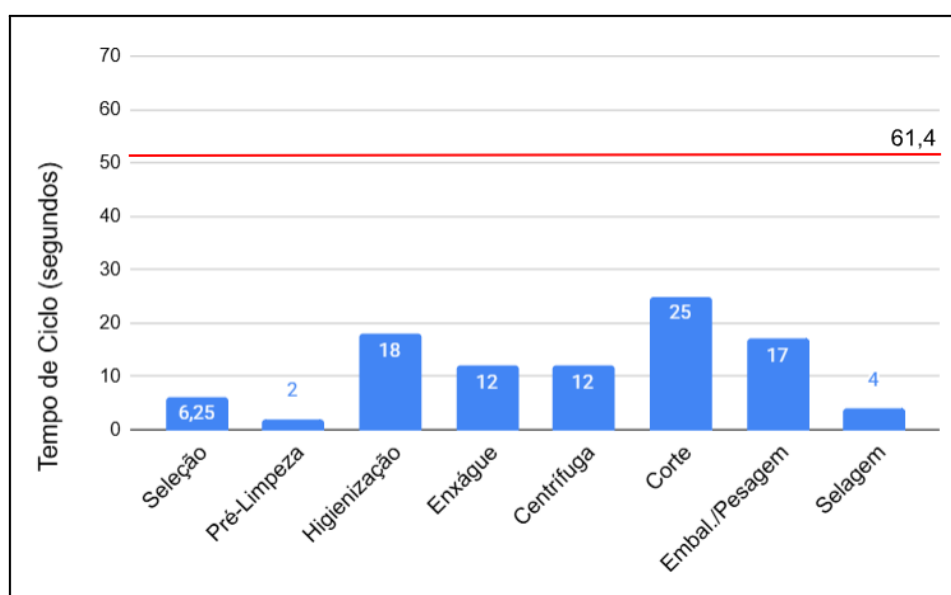
4.2.3. Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO)

O Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO), também conhecido como *Graph of Balanced Operations*, é uma ferramenta visual do trabalho padronizado que relaciona o tempo de Ciclo (TC) de cada processo ao *takt time* do sistema, permitindo identificar rapidamente o equilíbrio entre os postos de trabalho e a existência de gargalos ou super capacidade (Rother e Shook, 2003).

Conforme discutido no referencial teórico, o GBO utiliza barras verticais para representar o tempo de ciclo de cada operação e uma linha horizontal de referência correspondente ao *takt time*, quando alguma barra ultrapassa essa linha, tem-se um gargalo; quando todas as barras estão abaixo, há capacidade instalada suficiente, mas o desbalanceamento entre elas revela oportunidades de otimização.

Aplicando essa análise ao fluxo produtivo em estudo, construiu-se o GBO apresentado na Figura 31, que confronta os tempos de ciclo dos oito processos com o *takt time* de 61,4 segundos por embalagem. Observa-se que todos os processos operam abaixo do *takt time*, indicando que, do ponto de vista de capacidade, a linha consegue atender à demanda.

Figura 31 – Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

No entanto, o gráfico revela um desbalanceamento significativo entre os postos: o Corte apresenta o maior TC (25 segundos), seguido pela Higienização (18 segundos) e pela Embalagem/Pesagem (17 segundos com dois operadores), enquanto a Pré-Limpeza (2 segundos) e a Selagem (4 segundos) operam com capacidade ociosa expressiva. Esse desnível corrobora a análise do MFV, evidenciando que o problema não reside na velocidade absoluta da linha, mas sim no acúmulo de estoques intermediários gerado pelo desbalanceamento entre as taxas de alimentação e processamento, como discutido no fluxo de material, onde o WIP se concentra justamente a montante dos processos com maior tempo de ciclo relativo.

Ao analisar a evolução das vendas apresentada na Figura 27, observa-se que a empresa experimentou um crescimento expressivo durante o período do estudo. A média mensal de vendas totais saltou de aproximadamente 16.255 unidades nos primeiros oito meses da análise (encerrados em março) para 50.096 unidades nos meses de julho e agosto, um incremento superior a 200%. Considerando que a família de produtos em estudo representa cerca de 63% desse total, a demanda correspondente passou para aproximadamente 31.598 unidades mensais, o que reduz o *takt time* para 20,05 segundos por embalagem de 200 gramas.

Nesse novo cenário, já real e mensurado até agosto, o processo de Corte, com tempo de ciclo de 25 segundos, ultrapassa o *takt time*, configurando-se como um gargalo estrutural que compromete a capacidade de atender à demanda. A Higienização (18 segundos) e a Embalagem/Pesagem (17 segundos), embora ainda abaixo do ritmo de 20,05 segundos, aproximam-se do limite e indicam que, sem ações de balanceamento, poderão tornar-se restrições em curtíssimo prazo.

Adicionalmente, a Centrifuga e o Enxágue (ambos com TC de 12 segundos), embora ainda folgados, operam com margem reduzida em relação aos 2 segundos da Pré-Limpeza ou aos 4 segundos da Selagem, evidenciando que o crescimento da demanda já começou a pressionar os processos intermediários do fluxo.

4.3. PROPOSIÇÃO DO ESTADO FUTURO

A partir do diagnóstico do estado atual, que evidenciou oportunidades de melhoria relacionadas ao elevado tempo de atravessamento (*lead time*), acúmulo de estoques intermediários e desbalanceamento de operações, esta seção apresenta a concepção do estado futuro para o fluxo de beneficiamento de hortaliças. O projeto do novo fluxo baseia-se nos princípios do *Lean Thinking*, utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como ferramenta condutora para projetar um sistema de produção puxado, focado na eliminação de desperdícios e na fluidez dos materiais e informações.

4.3.1. Diretrizes para o redesenho do fluxo

A transição do estado atual empurrado para um estado futuro enxuto e puxado, exige a definição de diretrizes claras que alinhem a capacidade produtiva ao ritmo da demanda real. Para estruturar o redesenho do fluxo de valor, adotou-se a abordagem sistemática proposta por Rother e Shook (2003), traduzindo as questões chave de projeto em decisões operacionais e físicas no chão de fábrica. Essas diretrizes funcionam como vetores de análise para redefinir as conexões entre os processos, eliminar os desperdícios diagnosticados e estabelecer a sincronização do fluxo.

A primeira diretriz estabelecida refere-se ao alinhamento do ritmo de produção à demanda de mercado por meio do cálculo do *takt time*. Considerando o cenário de crescimento expressivo de demanda analisado, no qual o volume saltou de aproximadamente 16.355 unidades por mês para cerca de 50.096 unidades por mês, o projeto do estado futuro foi estruturado para responder a essa nova realidade da empresa. Sob essa nova condição de mercado, o ritmo de produção balizador para o dimensionamento de todo o sistema é definido por um *takt time* de 20,05 segundos por unidade, o qual dita a velocidade necessária para que a célula de beneficiamento atenda à demanda sem gerar superprodução.

No que tange à destinação da produção, a perecibilidade extrema das hortaliças e a necessidade de garantir o máximo de *shelf life* (vida útil) para o cliente final exigem que o fluxo seja direcionado o mais próximo possível do

fluxo contínuo até a expedição. No entanto, a variabilidade diária de pedidos e a necessidade de consolidação de cargas refrigeradas demandam que o processo final de expedição seja abastecido por um supermercado de produtos acabados sob controle rígido de FIFO, garantindo que nenhum produto ultrapasse o tempo limite de estocagem refrigerada.

A proposição do fluxo contínuo e a criação de células de manufatura foram projetadas para pontos específicos da cadeia onde há compatibilidade de tempos e ausência de restrições técnicas, fundamentando-se nos conceitos de Rother e Harris (2002) para a criação de fluxo contínuo. O primeiro ponto de acoplamento ocorre logo no início do fluxo, integrando os processos de Seleção e Pré-limpeza em uma única célula de produção. Essa integração é favorecida pela proximidade dos tempos de ciclo atuais dessas etapas, que operam em ritmos semelhantes, pela ausência completa de tempos de preparação ou *setup* e pela inexistência de barreiras físicas que impeçam a movimentação direta dos materiais.

De maneira análoga, o fluxo contínuo é estabelecido na extremidade final da linha, unificando as etapas de Embalagem/Pesagem e Selagem, o que inclui também a atividade de Etiquetagem, em uma segunda célula de trabalho. Embora essas operações apresentem tempos de ciclo com maior distanciamento nominal, a viabilidade técnica de sua operação conjunta é sustentada pela simplicidade operacional das tarefas e pela eliminação de *setups* nesse trecho do processo, permitindo que o produto flua de maneira unitária e sem interrupções até a finalização do pacote.

Por outro lado, as etapas intermediárias do fluxo de beneficiamento não comportam a transição para o fluxo contínuo puro devido a restrições operacionais severas. Embora as atividades de Higienização, Enxágue e Centrifugação operem de forma integrada sob a responsabilidade de um único operador, a necessidade de realizar limpezas e ajustes frequentes para a troca de produtos impede a eliminação completa dos estoques em processo. A presença inevitável desses tempos de preparação exige a manutenção de pequenos pulmões intermediários para absorver as paradas, inviabilizando a caracterização desse trecho como um fluxo contínuo estrito.

A definição dos pontos para a introdução de sistemas puxados com supermercados concentra-se estrategicamente nas duas extremidades do

fluxo produtivo, estabelecendo os limites de controle do sistema sem a necessidade de inventários intermediários complexos ao longo das etapas de processamento. O primeiro ponto consiste no supermercado de produtos acabados, localizado ao final da linha, o qual é abastecido diretamente pela célula final de produção. O segundo ponto constitui o supermercado de matéria-prima, posicionado no início do fluxo para recepcionar as hortaliças brutas vindas do campo. A dinâmica operacional ocorre quando a retirada de um produto acabado para atender ao pedido de um cliente gera um sinal de produção, materializado por um cartão *Kanban*, o qual dispara a ordem de trabalho para a célula inicial de seleção e pré-limpeza. Esta célula, por sua vez, retira a quantidade exata de matéria-prima necessária do supermercado inicial, gerando automaticamente uma sinalização de reposição que funciona como um pedido de compra direcionado ao fornecedor, garantindo que a produção ocorra estritamente sob demanda.

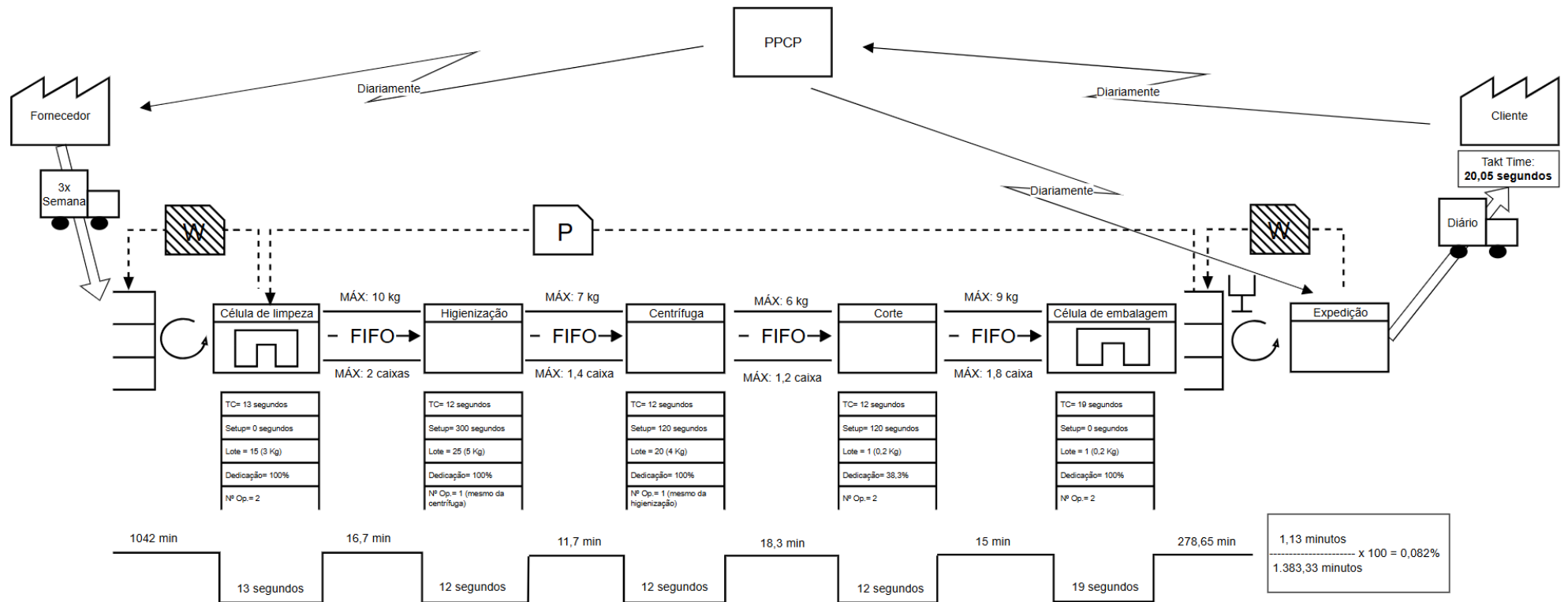
A partir do estabelecimento do supermercado de produtos acabados na extremidade final da linha, torna-se possível definir o ponto único de programação da produção, denominado processo puxador ou *pacemaker*. Na Hortifuturo, o processo puxador será estabelecido no processo de expedição, uma vez que, conforme a fundamentação conceitual de Rother e Shook (2003), o processo puxador deve ser o ponto da cadeia no qual todos os processos posteriores operam em fluxo contínuo até o cliente final. Como existe um supermercado de produtos acabados posicionado logo após a célula de embalagem, pesagem, selagem e etiquetagem, a programação não pode ocorrer antes desse ponto de estocagem. Dessa forma, a expedição, ao receber as ordens de entrega diretamente do planejamento e controle da produção, retira os produtos acabados do supermercado e os envia ao cliente, funcionando como o gatilho que dispara e regula o fluxo de informações e materiais por toda a cadeia produtiva no tempo *takt* demandado.

4.3.2. Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor do Estado Futuro, apresentado na Figura 2, consolida graficamente as diretrizes conceituais estabelecidas anteriormente, servindo como um modelo visual e operacional para a nova

configuração enxuta da Hortifuturo. Este mapa projeta a integração dos fluxos de materiais e de informações, demonstrando como a eliminação de desperdícios e a reorganização dos postos de trabalho atuam de forma sistêmica para criar um fluxo mais ágil, previsível e alinhado à demanda real do mercado.

Figura 32 – Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) - Estado Futuro



Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Ao analisar as extremidades do mapa, observa-se que os elos que compõem o fluxo externo, representados pelos clientes e fornecedores, mantêm a mesma estrutura de parceiros identificada no estado atual. No entanto, o cenário futuro reflete um aumento expressivo no número de clientes ativos e, por consequência, uma elevação substancial no volume de pedidos diários. Para responder a essa nova realidade de mercado sem gerar superprodução ou rupturas, todo o fluxo interno foi projetado e calibrado com base no ritmo ditado pelo cliente, resultando em um *takt time* de 20,05 segundos por embalagem, o qual passa a regular a velocidade de todas as operações integradas.

No que se refere ao fluxo interno de materiais, o mapa do estado futuro ilustra uma reorganização física e operacional profunda. O fluxo inicia-se com a entrada da matéria-prima bruta no supermercado inicial, de onde os materiais são retirados para o processamento na primeira célula de produção, que unifica as etapas de Seleção e Pré-limpeza. Na sequência, o produto avança para a etapa de Higienização, ponto que apresenta uma das principais evoluções tecnológicas do projeto. Foi projetado o investimento em um tanque de higienização por ozônio, tecnologia que reduz o tempo de processamento e elimina completamente a necessidade da etapa posterior de enxágue, acelerando o fluxo de valor. Sob a perspectiva financeira e operacional, essa mudança zera o gasto diário com insumos químicos como cloro e ácido, além de reduzir drasticamente o consumo de água ao permitir o reuso do volume do tanque por turnos inteiros. Adicionalmente, o uso do ozônio eleva a qualidade do produto final ao entregar hortaliças sem resíduos, cheiro ou gosto químico, aumentando o seu tempo de prateleira e eliminando a geração de efluentes poluentes.

Após a higienização, o fluxo segue para o processo de Centrifugação e, quando aplicável ao mix de produtos, para a etapa de Corte. O fluxo de agregação de valor é concluído na célula final de produção, a qual integra de forma contínua as atividades de embalagem, pesagem, selagem e etiquetagem, direcionando os pacotes acabados para o supermercado final que abastece o processo de expedição. Para garantir a estabilidade e o controle visual ao longo de todo esse caminho, o mapa estabelece que o

estoque de matéria-prima e o estoque de produtos acabados sejam mantidos em supermercados dimensionados e controlados nas duas pontas da cadeia.

Nos intervalos entre os processos intermediários onde o fluxo contínuo não pôde ser estabelecido devido aos tempos de preparação e aos desbalanceamentos que ocorrem naturalmente durante o dia de produção, o mapa indica a introdução de faixas de FIFO com limites máximos de inventário em processo, impedindo o acúmulo descontrolado de materiais e garantindo a cadência do sistema.

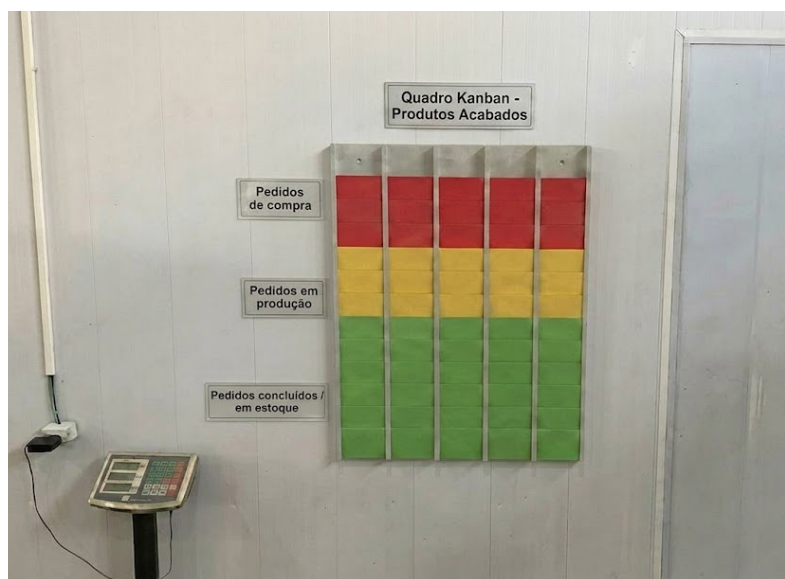
A sincronização do fluxo de informações no estado futuro é estabelecida de forma reversa, partindo da demanda real dos clientes para disparar todas as atividades produtivas. Diariamente, após a consolidação dos pedidos, o Planejamento e Controle da Produção (PPCP) repassa as quantidades exatas de cada família e produto para o processo de expedição por meio de um sistema *online*. A supervisora de produção acessa essas informações em um computador instalado especificamente na sala de separação de pedidos, sob responsabilidade da expedição, conforme representado na Figura 33. Nesse momento, são impressas duas cópias de cartões *Kanban* para cada lote ou caixa de produto, as quais são levadas até o Quadro *Kanban* localizado na parede do supermercado de produtos acabados, ao lado da entrada da área, conforme evidenciado na Figura 34.

Figura 33 – Terminal de acesso ao sistema de pedidos na sala de expedição.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 34 – Quadro Kanban de controle de produção com sinalização por cores.



Fonte: Autor (2026)

O funcionamento desse quadro é regido por uma lógica de gestão visual dividida em três estágios de cores. Na parte superior, identificada pela cor vermelha, são posicionados os cartões dos pedidos recém impressos que aguardam o início do processamento. No centro do quadro, na cor amarela, ficam os cartões que representam os itens efetivamente em produção. Na parte inferior, na cor verde, são dispostos os cartões dos pedidos já concluídos e disponíveis no supermercado de produtos acabados. Para dar início à produção, a operadora retira o cartão do posto vermelho e o move para o campo amarelo, portando a segunda cópia do cartão para dar início ao processo de retirada de insumos.

A integração com o suprimento de matéria prima ocorre de forma simultânea a esse início de produção, quando as operadoras da primeira célula deslocam-se até o estoque inicial. Ao selecionar a caixa de matéria prima necessária, a identificação original do produto, que contém dados como nome, peso, data de chegada e fornecedor, é removida para atuar como o Kanban de retirada de matéria prima. No mesmo instante, a segunda cópia do cartão de produção é anexada à caixa para acompanhar o produto durante todo o beneficiamento, garantindo a gestão visual e o entendimento do status do lote até que ele retorne ao campo verde após a finalização. Enquanto o produto flui, a identificação da matéria prima retirada é

depositada em um segundo quadro Kanban, estruturado como uma cesta com quatro divisões correspondentes às famílias de Folhosas Inteiras Higienizadas, Folhosas e Temperos Picados, Raízes e Tubérculos Processados e Hortaliças em Bandeja, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 – Cesto Kanban para reposição de matéria-prima por família de produtos.



Fonte: Autor (2026)

O acúmulo dessas identificações nas cestas gera a informação visual necessária para que o PPCP realize a reposição junto aos fornecedores, garantindo que a compra ocorra estritamente para repor o que foi consumido.

Embora essa estrutura de quadros e fluxos de informação constitua uma proposta de projeto e não tenha sido efetivamente implementada durante o período deste estudo, sua modelagem evidencia benefícios significativos para a gestão da Hortifuturo. A adoção desses mecanismos de sinalização visual permite a mitigação de erros de produção, impedindo tanto a falta de produtos quanto a superprodução, além de conferir total transparência ao status das ordens de serviço. Essa nova dinâmica de fluxo de informação assegura que a comunicação entre a expedição, a produção e o suprimento ocorra de forma automática e sincronizada, elevando o nível de controle operacional do sistema.

Para fundamentar a proposição operacional do estado futuro e garantir que o fluxo projetado seja capaz de absorver a nova demanda no ritmo do

cliente, as caixas de dados de cada processo foram atualizadas com parâmetros que refletem o potencial dos novos equipamentos e a reorganização do trabalho. A análise detalhada desses indicadores permite comprovar que todos os tempos de ciclo projetados situam-se abaixo do *takt time* de 20,05 segundos, assegurando a estabilidade do sistema e a eliminação de gargalos.

Na Célula de Limpeza, que unifica a seleção e a pré limpeza, houve uma otimização significativa da mão de obra e da capacidade produtiva. No estado atual, a seleção exigia quatro pessoas com um tempo de ciclo de 6,25 segundos, enquanto a pré limpeza processava lotes de apenas 1 kg em 10 segundos, resultando em um tempo de ciclo de 2 segundos por unidade. No projeto futuro, a célula opera com apenas duas pessoas e o tempo de ciclo da seleção foi ajustado para 12 segundos. A fundamentação para o tempo de ciclo total da célula de 13 segundos baseia-se na utilização plena da capacidade do tanque de pré limpeza, que passa a comportar 3 kg de matéria prima, o equivalente a um lote de 15 embalagens. Como o tempo de imersão de 10 segundos é mantido para esse volume maior, o acréscimo por unidade é diluído, consolidando o ritmo da célula em 13 segundos com 100% de dedicação. Estima-se que o processamento da demanda diária consuma cerca de 5 horas de trabalho, permitindo que as mesmas duas operadoras assumam o processo de corte posteriormente.

O processo de Higienização apresenta uma evolução tecnológica com a adoção do tanque de ozônio. Com tempo de processamento de 5 minutos para um lote de 25 embalagens, o que equivale a 5 kg, o tempo de ciclo resulta em 12 segundos. A dedicação de 100% é mantida, mas com a vantagem crítica da redução do tempo de preparação para 300 segundos, visto que a tecnologia dispensa trocas frequentes de água. É importante ressaltar que o mesmo colaborador responsável pela higienização também opera o processo de Centrífuga, o qual apresenta um tempo de ciclo de 12 segundos para uma capacidade de 4 kg ou 20 unidades, com tempo de preparação de 120 segundos e 100% de dedicação.

O processo de Corte, realizado pelas operadoras da célula inicial, mantém um tempo de ciclo de 12 segundos e tempo de preparação de 120 segundos. Devido ao mix de produtos, este processo possui uma dedicação

projetada de 38,3%, demandando aproximadamente 2 horas e 45 minutos para a conclusão do volume diário, o que totaliza uma jornada produtiva equilibrada para a equipe. Por fim, a Célula Final de embalagem, pesagem, selagem e etiquetagem foi projetada com um tempo de ciclo de 19 segundos operando com duas pessoas e 100% de dedicação. Esta etapa trabalha com lote unitário e direciona os produtos acabados para o supermercado final sob responsabilidade da expedição. A consolidação desses parâmetros, detalhada na Tabela 4, demonstra que a nova configuração não apenas atende à demanda ampliada, como também promove uma gestão visual rigorosa e mitiga riscos de erros.

Tabela 4 – Parâmetros Operacionais do Fluxo de Valor – Estado Futuro

Processo	TC Futuro (s)	TC Atual (s)	Setup (s)	Lote	Dedicação (%)	Nº de Op.
Célula de Limpeza	13	8,25*	0	15 (3 kg)	100	2**
Higienização	12	18	300	25 (5 kg)	100	1***
Centrífuga	12	12	120	20 (4 kg)	100	1***
Corte	12	25	120	5 (1 kg)	38	2**
Célula Final	19	21****	0	1 (0,2 kg)	100	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). *Soma dos TCs de Seleção (6,25s) e Pré-limpeza (2s) do estado atual. **As mesmas duas operadoras realizam os processos de Célula de Limpeza e Corte. ***A mesma operadora realiza os processos de Higienização e Centrífuga. ****Soma dos TCs de Embalagem/Pesagem (17s) e Selagem (4s) do estado atual.

A linha do tempo do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) de estado futuro consolida os ganhos de eficiência obtidos com a transição para o sistema puxado e o fluxo contínuo na Hortifuturo. Enquanto o estado atual era marcado por grandes acúmulos de estoque e tempos de espera imprevisíveis, o estado futuro opera com níveis de inventário tecnicamente dimensionados para garantir a fluidez e a proteção do gargalo. O tempo de agregação de valor (VA), que representa o processamento real onde o produto sofre transformação física, foi consolidado em 1,13 minutos (68 segundos). Este valor é o resultado da soma dos tempos de ciclo unitários de cada etapa produtiva, limpeza, higienização, centrífuga, corte e embalagem, e reflete a agilidade alcançada com a implementação das novas células integradas de trabalho.

Em contrapartida, o tempo de não agregação de valor (NVA) passou a ser composto por esperas controladas e inventários reguladores. O maior tempo de permanência ocorre no supermercado de matéria-prima, com 1.042 minutos, seguido pelo ciclo de reposição do supermercado de produtos acabados, calculado em 278,65 minutos. Os trilhos FIFO posicionados entre as etapas produtivas garantem a independência das células, apresentando tempos de espera que variam entre 11,7 e 18,3 minutos. Dessa forma, o *Lead Time* total do estado futuro, compreendido desde a entrada da matéria-prima até a disponibilidade do produto acabado para expedição, totaliza 1.383,33 minutos, o que representa aproximadamente 23 horas de fluxo total. A composição detalhada desses tempos por processo é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Linha do Tempo: VA e Lead Time por Processo (Estado Futuro)

Etapas / Estoque	VA (Tempo de Ciclo) (segundos)	NVA (Tempo em WIP ou Supermercado)
Supermercado de MP	-	1042,00 min
Célula de Limpeza	13 segundos	-
FIFO (Limpeza -> Higienização)	-	16,70 min
Célula de Higienização	12 segundos	-
FIFO (Higienização -> Centrífuga)	-	11,70 min
Centrífuga	12 segundos	-
FIFO (Centrífuga -> Corte)	-	18,30 min
Bancada de Corte	12 segundos	-
FIFO (Corte -> Embalagem)	-	15,00 min
Célula de Embalagem	19 segundos	-
Supermercado de PA	-	278,65 min
TOTAL	1,13 minutos (68s)	1383,33 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A eficiência do sistema projetado para o estado futuro é evidenciada pela Taxa de Agregação de Valor (TAV), obtida pela razão entre o tempo de agregação de valor (1,13 min) e o Lead Time total (1.383,33 min), resultando em um índice de 0,082%. É importante ressaltar que todos os parâmetros de inventário e tempos de espera que compõem este fluxo foram

detalhadamente calculados e fundamentados na seção subsequente, que trata do dimensionamento dos supermercados e trilhos FIFO.

4.4. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO FLUXO FUTURO

Neste capítulo, são detalhados os parâmetros técnicos e as formulações matemáticas que sustentam a transição para o fluxo futuro. O dimensionamento preciso dos estoques é o que garante que o sistema puxado opere sem interrupções, equilibrando a alta disponibilidade de produtos com a agilidade necessária para o mercado de perecíveis.

4.4.1. Dimensionamento do supermercado de matéria-prima

O estabelecimento de supermercados é a base fundamental para a implementação do sistema puxado, conforme discutido anteriormente no tópico 2.3 Fluxo Contínuo e Sistema Puxado. Para que as células de produção não dependam de previsões imprecisas ou cronogramas empurrados, o estoque deve ser dimensionado para absorver as variabilidades reais do processo e da demanda. A metodologia adotada para este cálculo baseia-se nas diretrizes de Smalley (2004), estruturando o inventário em duas camadas complementares: o estoque de ciclo e o estoque de segurança.

O Estoque de Ciclo (EC) representa o volume necessário para sustentar a demanda média durante o intervalo de reposição. Para o estado futuro, definiu-se um *Lead Time* (LT) de 2 dias, uma escolha estratégica que visa otimizar a logística de recebimento e garantir o frescor máximo da matéria-prima. O cálculo do EC é obtido pela multiplicação da demanda diária pelo tempo de reposição. No contexto da Hortifuturo, aplicou-se o fator de demanda bruta, que compensa o índice de descarte de 30% identificado no processo produtivo. Isso significa que o supermercado deve prover o volume total necessário para que, mesmo após as perdas inerentes à limpeza e seleção, o fluxo de produção não sofra rupturas.

O Estoque de Segurança (ES) atua como uma proteção contra oscilações estatísticas da demanda e possíveis atrasos no fornecimento. Para garantir a confiabilidade do sistema, utilizou-se um Nível de Serviço (Z)

de 1,64, o que assegura estatisticamente 95% de proteção contra faltas de material. Um ponto crítico e detalhado deste dimensionamento é a análise do Desvio Padrão (σ) de cada produto, calculado a partir das demandas reais de janeiro a agosto de 2025. O σ representa a instabilidade da demanda: itens como o "Salada Mix 150g" apresentam um desvio padrão mais elevado (36,26), indicando que seus pedidos oscilam muito dia após dia, exigindo um estoque de segurança mais robusto. Em contrapartida, itens como o "Agrião 100g" possuem um σ baixo (1,46), refletindo uma demanda constante e previsível, o que permite trabalhar com um estoque de segurança significativamente mais enxuto.

Para o cálculo final do ES, o desvio padrão e o nível de serviço são multiplicados pela raiz quadrada do *Lead Time*. Essa aplicação matemática é fundamental para ajustar a variabilidade diária ao período total de reposição de forma tecnicamente correta, evitando o super dimensionamento do estoque e garantindo que o capital de giro não fique imobilizado desnecessariamente.

Ao consolidar o dimensionamento para todo o *mix* de produtos com base nos dados de 2025, o supermercado de matéria-prima totaliza 661 kg, o que representa um inventário físico de aproximadamente 4.458 unidades (considerando a demanda bruta total de 2.051 unidades/dia) ou 132 caixas de 5 kg.

Para a representação deste inventário na linha do tempo do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) do Estado Futuro, é necessário converter esse volume físico em tempo de permanência. Esse cálculo é realizado dividindo o estoque total pela demanda bruta diária, o que resulta em um giro de aproximadamente 2,17 dias (4.458 unidades para uma demanda bruta diária de 2.051 unidades). Considerando que a jornada de trabalho disponível é de 480 minutos, o tempo de permanência é obtido pela multiplicação do giro em dias (2,17 dias) pela jornada diária (480 minutos), totalizando 1.042 minutos.

Este valor evidencia que, apesar do aumento expressivo na demanda projetada, a implementação do sistema puxado e o dimensionamento rigoroso permitem reduzir o tempo de estoque parado em relação ao estado atual, aumentando o giro e a eficiência global da operação. Os dados

detalhados por SKU, evidenciando o comportamento de cada produto e as necessidades logísticas de caixas, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Dimensionamento do Supermercado de Matéria-Prima

Produto	Peso do SKU (g)	Demand a Líq. Diária (un)	Fator Descarte	Demand a Bruta (un)	LT (dias)	Nível de Serviço (Z)	Desvio Padrão (σ)	EC (un)	ES (un)	Total (un)	Total (kg)	Caixas (5kg)
Mix de Folhas 200g	200	204	30%	291	2	1,64	25,18	582	58	641	128	26
Rúcula 100g	100	183	30%	261	2	1,64	23,88	523	55	578	58	12
Alface Americana 200g	200	297	30%	424	2	1,64	10,48	848	24	872	174	35
Alface Crespa 200g	200	105	30%	150	2	1,64	21,08	299	49	348	70	14
Agrião 100g	100	15	30%	21	2	1,64	1,46	42	3	45	5	1
Alface Mix 200g	200	77	30%	110	2	1,64	10,70	219	25	244	49	10
Rúcula 50g	50	6	30%	9	2	1,64	0,61	18	1	19	1	0
Cebolinha/Salsinha picada 50g	50	169	30%	241	2	1,64	10,99	482	25	507	25	5
Salsinha picada 50g	50	54	30%	77	2	1,64	4,21	154	10	163	8	2
Cebolinha picada 50g	50	52	30%	74	2	1,64	4,95	147	11	159	8	2
Couve Folha Picada 200g	200	17	30%	24	2	1,64	3,28	48	8	56	11	2
Salada Mix 150g	150	259	30%	371	2	1,64	36,26	741	84	825	124	25
Total		1436	30%	2051	2	1,64		4102	355	4458	661	132

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

4.4.2. Dimensionamento dos trilhos FIFO entre processos

Para conectar os processos onde o fluxo contínuo não é fisicamente possível ou existe tempo de troca entre os processos, utilizou-se o dimensionamento de trilhos FIFO (*First-In, First-Out*). Diferente dos supermercados, o FIFO atua como um regulador de ritmo, limitando o estoque em processo (WIP) e garantindo a sequência da produção. O dimensionamento desses trilhos seguiu a lógica de somatória entre o lote de

transferência e o estoque pulmão (*buffer*), conforme a metodologia de Rother e Harris (2002).

O estoque pulmão (*buffer*) foi calculado para proteger o fluxo contra interrupções planejadas no processo subsequente. No caso da conexão entre a Célula de Limpeza e a Higienização, o *buffer* deve ser capaz de absorver o tempo de *setup* de 300 segundos da higienização. Considerando o tempo de ciclo da célula de limpeza (13 segundos), o pulmão necessário é de aproximadamente 23 unidades.

Somado a este *buffer*, definiu-se um lote de transferência de 1 caixa (5 kg). Para fins de dimensionamento conservador, adotou-se o "pior cenário" baseado nas embalagens de 200 gramas, o que resulta em um lote de 25 unidades por caixa. Observa-se que a necessidade do *buffer* (23 unidades) é praticamente equivalente a um lote de transferência adicional. Dessa forma, a capacidade máxima do trilho FIFO entre esses processos foi estabelecida em 50 unidades, o que corresponde fisicamente a 2 caixas de 5 kg.

Para a representação deste inventário na linha do tempo do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), utiliza-se o *Takt Time* da operação, que é de 20 segundos por unidade. A adoção do *Takt Time* em detrimento do Tempo de Ciclo justifica-se pelo fato de o *Lead Time* de fluxo ser ditado pelo ritmo da demanda do cliente; assim, uma peça no trilho FIFO aguarda o pulso de retirada do processo subsequente, que ocorre a cada 20 segundos. Com uma capacidade máxima de 50 unidades, o tempo de permanência máximo neste trilho é de 1.000 segundos, o que equivale a 16,7 minutos. Este parâmetro garante que a célula de limpeza opere de forma independente durante os *setups* da higienização, mantendo a estabilidade do sistema sem gerar superprodução.

Para a conexão entre a Higienização e a Centrífuga, o dimensionamento do trilho FIFO seguiu a lógica de proteção contra a interrupção planejada para a troca de carga do equipamento subsequente. O estoque pulmão (*buffer*) foi calculado para absorver o tempo de troca de 120 segundos da centrífuga. Considerando o tempo de ciclo da higienização (12 segundos), o *buffer* necessário para que o processo anterior não pare durante essa transição é de 10 unidades.

Somado a este *buffer*, considerou-se o lote de transferência de 1 caixa (5 kg). Conforme definido para o cenário de maior volume de unidades (embalagens de 200g), o lote de saída da higienização é de 25 unidades. É importante notar que, embora a capacidade da centrífuga seja de 20 unidades por ciclo, o trilho deve comportar o lote completo proveniente do processo anterior para evitar gargalos físicos. Dessa forma, a capacidade máxima do trilho FIFO foi estabelecida em 35 unidades (10 + 25).

Para a representação na linha do tempo do MFV, utiliza-se o *Takt Time* de 20 segundos, que dita o ritmo real de escoamento do produto para o cliente. Com uma capacidade máxima de 35 unidades, o tempo de permanência máximo neste trilho é de 700 segundos, o que equivale a 11,7 minutos. Este dimensionamento garante que a higienização mantenha seu fluxo contínuo mesmo durante as paradas de 120 segundos para carga e descarga da centrífuga.

Para a conexão entre a Centrífuga e o Corte, o dimensionamento do trilho FIFO apresenta uma particularidade: apenas 38,3% do volume total produzido (correspondente às folhosas picadas) segue para esta etapa, enquanto os demais 61,7% (folhosas higienizadas inteiras) são direcionados diretamente para a célula de embalagem.

O estoque pulmão foi calculado para proteger o fluxo contra o tempo de setup de 120 segundos necessário para a troca de facas ou higienização da bancada de corte. Considerando que a centrífuga entrega o material em lotes, e o tempo de ciclo do corte é de 12 segundos, o *buffer* necessário para absorver essa parada sem interromper o fluxo da centrífuga é de 10 unidades.

Somado a este *buffer*, considerou-se o lote de transferência. Como a centrífuga opera com lotes de 20 unidades, este valor foi adotado como o lote padrão de movimentação para este trilho. Dessa forma, a capacidade máxima do trilho FIFO antes do corte foi estabelecida em 30 unidades (10 + 20).

Para a representação na linha do tempo do MFV, utiliza-se o *Takt Time* específico para este fluxo. Como apenas 38,3% da demanda bruta total (2.051 unidades/dia) passa pelo corte, a demanda direcionada é de aproximadamente 786 unidades/dia. Isso resulta em um *Takt Time* de fluxo

de 36,6 segundos por unidade. Com uma capacidade de 30 unidades, o tempo de permanência máximo neste trilho é de 1.098 segundos, o que equivale a 18,3 minutos. Este dimensionamento garante que a centrífuga não sofra bloqueios durante os *setups* do corte, mantendo a cadência da linha para os produtos picados.

Na conexão final antes da Célula de Embalagem, o trilho FIFO deve gerenciar a convergência de dois fluxos distintos: 61,7% do volume proveniente diretamente da centrífuga e 38,3% oriundo do processo de corte. Diferente das etapas anteriores, a embalagem atua como o gargalo da linha, com um tempo de ciclo de 19 segundos, o que exige um controle rigoroso para evitar o transbordamento do estoque em processo (WIP).

O estoque pulmão, neste caso, foi dimensionado para absorver a variabilidade de chegada dos lotes. Enquanto o corte entrega unidades de forma unitária, a centrífuga libera lotes de 20 unidades a cada ciclo. Para garantir que a embalagem tenha sempre material disponível e consiga processar os picos de chegada sem travar os processos anteriores, definiu-se um *buffer* de 20 unidades (equivalente a um lote completo da centrífuga).

Somado a este *buffer*, manteve-se o lote de transferência padrão de 1 caixa (5 kg), que corresponde a 25 unidades. Dessa forma, a capacidade máxima do trilho FIFO antes da embalagem foi estabelecida em 45 unidades. Este limite é vital: caso o trilho atinja 45 unidades, os processos de corte e centrífuga devem ser interrompidos para evitar o acúmulo excessivo de material perecível antes do envase.

Para a representação deste inventário na linha do tempo do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), utiliza-se o *Takt Time* de 20 segundos para converter o volume físico em tempo de fluxo. Com a capacidade máxima estabelecida em 45 unidades, o tempo de permanência resultante neste trilho é de 900 segundos, o que equivale a 15 minutos. Este parâmetro é fundamental para regular a chegada dos fluxos convergentes, garantindo que o material flua de forma ordenada e respeite a cadência do gargalo na embalagem, mantendo o Lead Time do processo controlado e previsível.

4.4.3. Dimensionamento do supermercado de produtos acabados

O dimensionamento do supermercado de produtos acabados segue a lógica da produção puxada, onde o inventário deve ser capaz de sustentar a demanda durante todo o ciclo de reposição. Diferente do supermercado de matéria-prima, o *Lead Time* (LT) de Reposição aqui é composto por variáveis dinâmicas da linha de produção, incluindo o tempo de processamento, as esperas técnicas e, crucialmente, a fila de sequenciamento do mix de produtos.

Para garantir que o supermercado seja robusto o suficiente para evitar rupturas, o LT foi calculado com base no "pior cenário", ou seja, o tempo necessário para repor o último item de uma sequência de produção quando o mix completo é disparado. Este cálculo considera não apenas o tempo em que o produto está sendo transformado (VA), mas todos os desperdícios logísticos e de espera (NVA) mapeados no fluxo. A composição detalhada deste tempo, que totaliza 278,65 minutos, é apresentada na tabela abaixo:

Tabela 7 – Composição do Lead Time de Reposição

Componente do Lead Time	Tempo Estimado (min)	Justificativa Técnica
Gatilho (Informação)	10	Tempo de coleta física do cartão Kanban e atualização do quadro Kanban.
Logística de MP	10	Retirada da matéria-prima do supermercado e transporte até a Célula de Limpeza.
Fila de Sequenciamento	174,2	Espera do último item do mix enquanto 22 lotes (2x o mix) são processados no gargalo.
Espera nos FIFOs (NVA)	61,7	Soma dos tempos máximos de permanência nos 4 trilhos FIFO dimensionados.
Processamento (VA)	12,75	Tempo de fabricação real do lote (considerando lotes reais de 15, 25, 20 e 1 un).
Logística Final	10	Transporte do produto acabado da embalagem para o supermercado de PA.
TOTAL (LT de Reposição)	78,65	Equivalente a 0,58 dias de jornada (Base: 480 min/dia).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

A aplicação deste LT de 0,58 dias na fórmula de dimensionamento permite que o Estoque de Ciclo (EC) cubra a demanda média durante o período de produção e que o Estoque de Segurança (ES) proteja o sistema contra oscilações. Para o cálculo do ES, utilizou-se a raiz quadrada do Lead

Time, garantindo que a variabilidade da demanda seja compensada estatisticamente de forma correta para o intervalo de tempo em que a linha está ocupada processando outros lotes.

Ao consolidar o dimensionamento para o mix de produtos acabados, o inventário total do supermercado foi definido pela somatória do estoque de ciclo e de segurança de cada SKU. O Estoque de Ciclo foi obtido multiplicando-se a demanda líquida diária de cada item pelo LT de 0,58 dias. Já o Estoque de Segurança considerou o desvio padrão específico de cada produto, multiplicado pelo nível de serviço ($Z = 1,64$) e pela raiz quadrada do LT.

Como resultado, o supermercado de produtos acabados totaliza um volume físico de aproximadamente 1.381 unidades, o que representa cerca de 205 kg de produtos prontos para expedição. Em termos de ocupação logística, esse volume equivale a 41 caixas de 5 kg. Para a linha do tempo do MFV, esse inventário acumulado representa um tempo de permanência de 278,65 minutos, confirmando que o sistema é capaz de se auto regenerar em menos de um turno de trabalho, mantendo o fluxo ágil e o frescor dos alimentos. O detalhamento individualizado desses parâmetros para cada SKU da família de folhosas, incluindo o estoque de ciclo e o estoque de segurança, é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensionamento do Supermercado de Produtos Acabados

Produto	Peso do SKU (g)	Demand a LÍq. Diária (un)	Fator Descarte (%)	Demand a Bruta (un)	LT (dias)	Nível de Serviço (Z)	Desvio Padrão (σ)	EC (un)	ES (un)	Total (un)	Total (kg)	Caixas (5kg)
Mix de Folhas 200g	200	204	30%	291	0,58	1,64	25,18	169	31	200	40	8
Rúcula 100g	100	183	30%	261	0,58	1,64	23,88	152	30	181	18	4
Alface Americana 200g	200	297	30%	424	0,58	1,64	10,48	246	13	259	52	10
Alface Crespa 200g	200	105	30%	150	0,58	1,64	21,08	87	26	113	23	5
Agrião 100g	100	15	30%	21	0,58	1,64	1,46	12	2	14	1	0
Alface Mix 200g	200	77	30%	110	0,58	1,64	10,70	64	13	77	15	3
Rúcula 50g	50	6	30%	9	0,58	1,64	0,61	5	1	6	0	0
Cebolinha/Salsinha picada 50g	50	169	30%	241	0,58	1,64	10,99	140	14	153	8	2
Salsinha picada 50g	50	54	30%	77	0,58	1,64	4,21	45	5	50	2	0
Cebolinha picada 50g	50	52	30%	74	0,58	1,64	4,95	43	6	49	2	0
Couve Folha Picada 200g	200	17	30%	24	0,58	1,64	3,28	14	4	18	4	1
Salada Mix 150g	150	259	30%	371	0,58	1,64	36,26	215	45	260	39	8
Total		1436	30%	2051	0,58	1,64		1190	191	1381	205	41

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

4.5. ANÁLISE COMPARATIVA

Nesta seção, é realizada uma confrontação direta entre o cenário diagnosticado no estado atual e as melhorias projetadas para o estado futuro. A análise foca na quantificação dos ganhos de agilidade e eficiência, além de discutir a aplicabilidade prática da filosofia *Lean* frente às particularidades da agroindústria de vegetais minimamente processados.

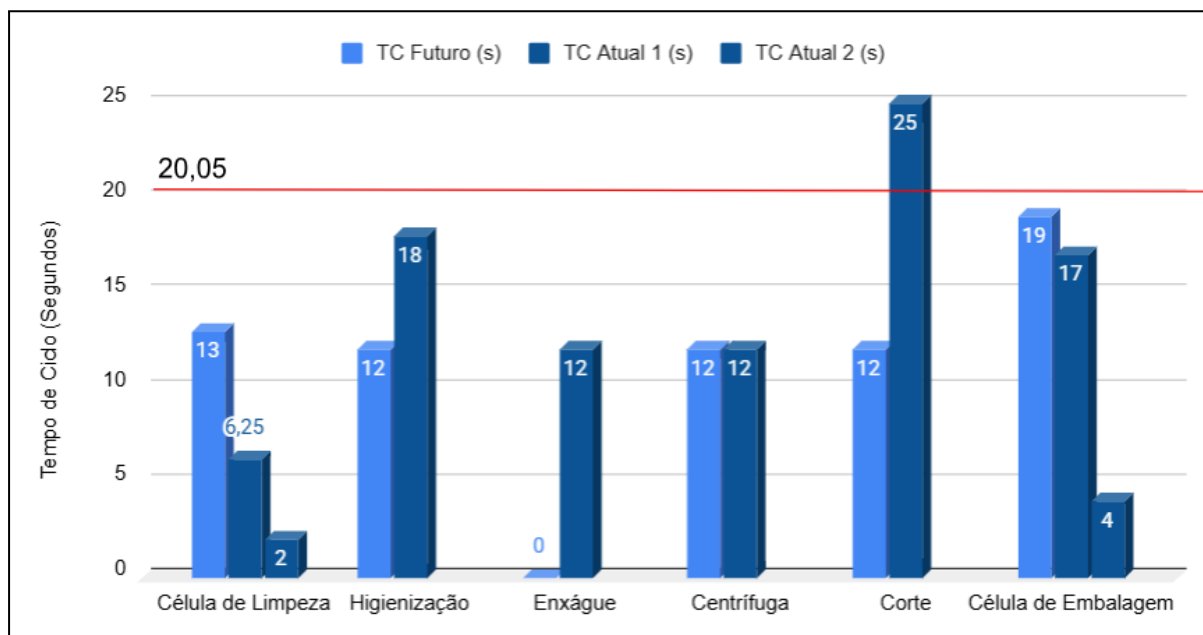
4.5.1. Redução do lead time e ganhos no fluxo produtivo

A transição do sistema de produção empurrado para o sistema puxado resultou em uma transformação significativa no desempenho operacional da Hortifuturo. O principal indicador dessa mudança é o *Lead Time* total, o modelo projeta uma redução de 41,8%, caindo de 2.376,50 minutos

(aproximadamente 39,6 horas) para 1.383,33 minutos (23 horas). Essa contração no tempo de resposta é vital para uma agroindústria de perecíveis, pois garante que o produto chegue ao consumidor final com um frescor superior, reduzindo o tempo de exposição do vegetal a condições de degradação biológica.

Sob a ótica da engenharia de produção, o ganho mais expressivo reside no balanceamento da linha e na eliminação de estoques intermediários (WIP). No estado atual, conforme evidenciado na Figura 36, o fluxo era caracterizado por processos isolados e severamente desbalanceados em relação ao ritmo da demanda. O gráfico de balanceamento do operador revela que o processo de corte operava como o gargalo crítico do sistema, apresentando um tempo de ciclo de 25 segundos, valor que excede em 24,7% o *Takt Time* projetado de 20,05 segundos. Essa disparidade impedia o fluxo contínuo, forçando as etapas anteriores a empurrarem material para uma estação sem capacidade de processamento imediato, resultando em acúmulos de inventário desordenados.

Figura 36 – Gráfico de comparação de balanceamento entre o estado atual e futuro



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A redução drástica dos estoques intermediários (WIP) constitui a evidência quantitativa mais contundente do potencial de melhoria no balanceamento. No estado atual, o descompasso entre as etapas força o

acúmulo de até 51,2 caixas (aproximadamente 1.280 unidades) entre os processos, o que, no pior cenário, representa uma retenção de 303,17 minutos de material parado em fila. Com a adoção das células e dos trilhos FIFO projetada para o estado futuro, estima-se que esse volume seria reduzido para apenas 6,4 caixas (cerca de 160 unidades), limitando o tempo máximo de espera técnica a 61,7 minutos. Essa queda projetada de 87,5% no volume de WIP demonstra que a sincronia proposta eliminaria as pilhas de estoque que geram confusão visual e degradação precoce dos vegetais.

Com o redesenho proposto para o estado futuro, a integração das etapas em células de trabalho permitiria uma sincronia superior entre os processos. O nivelamento do tempo de corte para 12 segundos e o ajuste da nova Célula Final (Embalagem e Selagem) para 19 segundos posicionariam todas as etapas abaixo do *Takt Time*. Como consequência direta da redução projetada do *Lead Time* e da padronização dos estoques, estima-se que o giro de estoque mensal apresentaria uma evolução de 72,1%, saltando de 13,29 giros no estado atual para 22,87 giros no modelo proposto.

A determinação desses valores de giro baseou-se na relação entre a vazão mensal de 31.592 unidades, calculada sobre a demanda diária de 1.436 unidades em 22 dias úteis, e o volume médio de inventário mantido no sistema. No estado atual, o giro de 13,29 vezes por mês era limitado pelo excesso de estoque empurrado, que mantinha uma média de aproximadamente 2.377 unidades em processo. Já no estado futuro, a velocidade de giro foi potencializada para 22,87 vezes por mês devido ao dimensionamento enxuto do supermercado de produtos acabados para 1.381 unidades, permitindo que o inventário seja renovado quase o dobro de vezes no mesmo período mensal. Aumentar a rotatividade do estoque é um fator crítico na agroindústria, pois contribui diretamente para a mitigação dos riscos de deterioração biológica e assegura que o fluxo produtivo mantenha a agilidade necessária para preservar o frescor dos produtos, evitando que o tempo de espera comprometa o valor agregado e a integridade comercial das hortaliças.

A eficiência do fluxo seria corroborada pelo aumento projetado da Taxa de Agregação de Valor (TAV). Embora o tempo de agregação de valor (VA) apresentasse uma redução de 1,60 min para 1,13 min devido à eliminação

proposta de etapas redundantes, a TAV indicaria um crescimento relativo de 22,4%. A substituição do inventário aleatório por estoques controlados permitiria que o fluxo se tornasse autogerenciável, conforme evidenciado nos indicadores comparativos detalhados na tabela a seguir:

Tabela 9 – Comparativo de Desempenho: Estado Atual e Estado Futuro

Indicador de Desempenho	Estado Atual (Empurrado)	Estado Futuro (Puxado)	Melhoria (%)
Lead Time Total	2.376,50 min (39,6h)	1.383,33 min (23,0h)	-41,80%
Tempo de Agregação de Valor (VA)	1,60 min	1,13 min	-29,40%
Taxa de Agregação de Valor (TAV)	0,067%	0,082%	+22,4%
Tempo do Gargalo	25,00 s	19,00 s	-24,00%
Giro de Estoque Mensal (PA)	13,29 giros/mês	22,87 giros/mês	+72,1%
Estoque de Processo (WIP) - Unidades	1.280 un (51,2 caixas)	160 un (6,4 caixas)	-87,50%
Estoque de Processo (WIP) - Tempo	303,17 min	61,70 min	-79,60%
Status do Fluxo	Elevado / Aleatório	Controlado (FIFOs)	Padronizado

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Além dos ganhos físicos de tempo e inventário, a transição para o sistema puxado promoveria uma ruptura na gestão da informação. No modelo atual, a coordenação baseia-se em uma lógica empurrada, onde a produção é disparada por previsões ou pela disponibilidade de matéria-prima, sem uma conexão direta com o consumo real. Esse cenário gera problemas operacionais, como a superprodução de itens de baixo giro e a falta de produtos críticos, além de sobrecarregar o gargalo de corte com ordens de produção que não refletem a prioridade do mercado. A proposta de fluxo puxado atuaria na mitigação desses gargalos informacionais, transformando o fluxo reativo em um sistema sincronizado com a demanda.

Com a adoção do sistema puxado, o fluxo de informações passaria a ser regido pelo uso de *kanbans* e pela gestão visual. O cartão *kanban* atuaria como o único gatilho autorizado para a produção, garantindo que a Célula Final processasse apenas o que fosse efetivamente consumido pelo supermercado de produtos acabados. Essa sinalização visual permitiria a identificação imediata de qual produto deveria ser feito e qual a sequência correta a seguir, visando eliminar a dependência de ordens verbais e reduzir

drasticamente o risco de erros de *mix*. O sistema se tornaria, portanto, autogerenciável: a presença ou ausência física do cartão no quadro definiria o ritmo da planta, transformando a complexidade da gestão anterior em um processo transparente e altamente previsível.

4.5.2. Discussão sobre a aplicabilidade do *Lean* na agroindústria

s resultados projetados neste estudo indicam que a transição para o sistema puxado na Hortifuturo poderia reduzir o lead time total em 41,8% (de 2.376,50 min para 1.383,33 min) e o WIP em 87,5% (de 51,2 caixas para 6,4 caixas). Esses achados estão alinhados com os princípios do Lean Thinking e com as evidências da literatura sobre a eficácia do MFV e do sistema puxado na redução de desperdícios em sistemas produtivos (WOMACK; JONES, 1997; ROTHER; SHOOK, 2003). No entanto, mais do que confirmar esses ganhos, é necessário compreender as relações causais que explicam por que esses patamares foram atingidos.

A redução expressiva de 87,5% no WIP não é apenas consequência da adoção de trilhos FIFO, mas sim resultado de três fatores estruturais identificados no diagnóstico. Primeiro, o alto WIP inicial (51,2 caixas) era causado pelo desbalanceamento entre os processos, o gargalo no Corte (25 segundos) operava acima do Takt Time de 20,05 segundos, forçando o acúmulo de estoque antes e depois deste posto, em linha com o que Rother e Harris (2002) apontam como consequência típica da falta de sincronização entre postos de trabalho. Segundo, a ausência de limites máximos de estoque entre as etapas permitia que o WIP crescesse sem controle, já que o sistema empurrado não impunha restrições ao fluxo — situação que Womack e Jones (1997) classificam como uma das principais fontes de muda nos sistemas produtivos. Terceiro, a eliminação do processo de enxágue por meio da sanitização por ozônio reduziu o número de etapas e, consequentemente, os pontos de acúmulo intermediário, uma aplicação prática do princípio de fluxo contínuo defendido por Liker (2005). Sem esses três fatores, a simples implementação de Kanbans não seria suficiente para atingir a magnitude de redução projetada.

A proposição de um sistema puxado na Hortifuturo foi viabilizada por condições específicas que merecem destaque. A empresa possuía um mix

de produtos relativamente estável, as folhosas higienizadas e picadas representavam 65,37% das vendas, o que favorece a padronização dos roteiros de produção, conforme preconiza o método 80/30 de Duggan (2018) para definição de famílias de produtos. Além disso, a demanda apresentava sazonalidade previsível, permitindo o dimensionamento estatístico dos supermercados com nível de serviço de 95%, seguindo a metodologia de Smalley (2004) para cálculo de estoques de segurança em sistemas puxados. A disponibilidade de área física para a implantação dos supermercados de matéria-prima e produto acabado também foi um facilitador, assim como a receptividade da gestão às mudanças propostas, observada durante as visitas in loco e as reuniões de validação dos dados — aspecto que Rother (2012) destaca como essencial para o sucesso de qualquer iniciativa de melhoria baseada no Lean Thinking.

Contudo, a implementação prática do sistema puxado na Hortifuturo envolveria riscos que não podem ser negligenciados. O principal deles é a resistência dos operadores à adoção do Kanban como mecanismo de controle, especialmente em um ambiente onde a produção sempre foi conduzida de forma empurrada e baseada na experiência individual — desafio cultural amplamente discutido por Liker (2005) como uma das barreiras mais críticas à implementação do Lean fora do Japão. A necessidade de treinamento em conceitos de produção enxuta e na operação dos quadros Kanban seria um requisito crítico, pois a eficácia do sistema puxado depende da disciplina operacional de todos os envolvidos. Outro risco relevante é a falha na atualização das informações do Kanban, se os cartões não forem retirados, reposicionados ou emitidos corretamente, o fluxo de informações se rompe e o sistema volta a operar de forma empurrada, comprometendo o que Rother e Shook (2003) denominam como o "ritmo do pacemaker". Além disso, mudanças na demanda acima do desvio padrão considerado no dimensionamento poderiam comprometer o nível de serviço dos supermercados, enquanto a indisponibilidade de matéria-prima em períodos de entressafra poderia interromper o fluxo puxado a montante, riscos inerentes à sazonalidade que são particularmente relevantes no contexto da agroindústria de hortaliças. Por fim, as restrições de espaço

físico para expansão dos supermercados em períodos de pico de demanda representam uma limitação operacional que exigiria monitoramento contínuo.

No contexto mais amplo da agroindústria de hortaliças, este estudo reforça que o Lean não deve ser visto como uma replicação direta de ferramentas da manufatura tradicional, mas como um conjunto de princípios que exigem adaptação às condições específicas do setor, conforme discutido na seção 2.4 deste trabalho. A perecibilidade das hortaliças torna a redução do lead time não apenas um objetivo de eficiência, mas um fator crítico para a segurança alimentar e a preservação do shelf-life do produto. Os resultados projetados sugerem que o sistema puxado pode funcionar como um mecanismo para acelerar o fluxo e reduzir a exposição do produto à degradação, conceito que dialoga com a visão de Rother (2012) sobre o Lean como um sistema de aprendizado e adaptação contínua, desde que os riscos operacionais sejam geridos ativamente e a implementação seja acompanhada de programas de treinamento e mudança cultural.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o potencial do Sistema Puxado (*Lean Pull System*) para redução do *Lead Time* e melhoria do fluxo produtivo no processo de beneficiamento de hortaliças em uma agroindústria. O diagnóstico do estado atual, realizado por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), permitiu caracterizar o fluxo produtivo e identificar indicadores críticos, como o *Lead Time* total de 39,6 horas e uma eficiência de agregação de valor de apenas 0,067%. A análise identificou que o sistema empurrado gerava instabilidades severas, com o processo de Corte operando como um gargalo estrutural a 25 segundos (acima do *Takt Time* projetado de 20,05 segundos) e um estoque em processo (WIP) descontrolado de 51,2 caixas, o que resultava em uma retenção de material de 303,17 minutos.

O projeto do estado futuro, fundamentado na transição para o sistema puxado, demonstrou um potencial significativo de otimização. Através do redesenho do fluxo com a criação de células integradas e o dimensionamento estatístico de supermercados e trilhos FIFO, estimou-se uma redução de 41,8% no *Lead Time* total, passando para 23 horas. O balanceamento projetado permitiu que todas as etapas operassem abaixo do *Takt Time*, com o novo gargalo estabelecido na Célula Final em 19 segundos. A eficácia da proposta é evidenciada pela redução projetada de 87,5% no volume de WIP, limitando-o a 6,4 caixas (61,7 minutos), o que assegura a fluidez necessária para suportar o crescimento de demanda superior a 200% observado na organização.

Os resultados obtidos permitem concluir que a adoção do Sistema Puxado no contexto agroindustrial estudado apresenta vantagens estratégicas significativas. O aumento projetado de 72,1% no giro de estoque mensal (de 13,29 para 22,87 giros/mês) valida o potencial de melhoria na rotatividade dos produtos, fator determinante para a manutenção da vida útil biológica dos vegetais. Analiticamente, observou-se que a principal limitação do modelo anterior não era a capacidade física das máquinas, mas a fragmentação da informação e a ausência de gatilhos de produção. A introdução da gestão visual via *Kanban* e o controle físico por FIFOs

mostraram-se facilitadores essenciais para transformar uma operação reativa em um sistema auto gerenciável e sincronizado com a demanda real.

Conclui-se que os objetivos específicos foram integralmente atendidos, fornecendo uma base sólida para a compreensão de como as ferramentas *Lean* podem ser adaptadas às restrições de perecibilidade e variabilidade do setor de hortaliças. O estudo comprova que a redução do *Lead Time* e o aumento da velocidade de giro são os mecanismos fundamentais para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade da operação. O potencial avaliado indica que o Sistema Puxado não apenas otimiza o fluxo, mas atua como uma barreira técnica contra o desperdício biológico, consolidando-se como uma solução robusta para os desafios da agroindústria moderna.

5.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO

As limitações desta pesquisa, conforme antecipado nas delimitações do item 1.3, concentram-se na natureza preditiva dos resultados e nas restrições de escopo impostas pelo ambiente operacional. A principal limitação reside na ausência de uma validação empírica de longo prazo. Uma vez que o estudo se propôs a avaliar o potencial de implementação do Sistema Puxado, os indicadores de redução de *lead time* e aumento do giro de estoque configuram projeções matemáticas baseadas em tempos de ciclo validados em campo. Portanto, tais ganhos representam o desempenho teórico otimizado, não contemplando as oscilações de um sistema em regime permanente após meses de estabilização e possíveis variações de eficiência da mão de obra.

Em segundo lugar, a especificidade técnica da família de Folhosas Higienizadas e Picadas restringe a aplicação imediata das conclusões a todo o portfólio da agroindústria. Como discutido ao longo do trabalho, itens como raízes e legumes pesados demandam processamentos distintos e equipamentos específicos que não foram objeto de cronometragem ou mapeamento nesta etapa. Somado a isso, o dimensionamento dos supermercados e estoques de segurança utilizou médias históricas de demanda, o que limita a precisão do modelo sob condições de estresse

extremo, como quebras de safra severas ou sazonalidades climáticas atípicas que fujam do comportamento estatístico observado.

Por fim, destaca-se como limitação a não consideração das variáveis comportamentais e da cultura organizacional necessárias para a sustentação do sistema. A transição para um fluxo puxado exige uma mudança de mentalidade dos operadores e gestores que ultrapassa os cálculos de engenharia. Como este estudo focou no desenho técnico e na configuração do fluxo de valor, os desafios de treinamento, resistência à mudança e disciplina na manutenção dos cartões *kanban* não foram mensurados, embora constituam fatores críticos para que as vantagens projetadas se convertam em ganhos reais e duradouros.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se o acompanhamento da implementação física do projeto e a realização de auditorias periódicas baseadas em ferramentas de *Lean Assessment*. Tais medidas visam monitorar a sustentabilidade da cultura de fluxo puxado e evitar o retrocesso ao sistema empurrado, garantindo a manutenção da disciplina operacional.

Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de um sistema de *Kanban* eletrônico integrado ao ERP da empresa. Essa evolução permitiria a automatização dos gatilhos de reposição e a eliminação da dependência de cartões físicos, conferindo maior agilidade à gestão da informação. Outra vertente relevante seria a expansão do Sistema Puxado para a cadeia de suprimentos (*Lean Supply Chain*), integrando os produtores rurais ao ritmo da fábrica para reduzir o tempo de espera da matéria-prima desde a colheita.

Por fim, propõe-se a realização de um estudo focado na análise do custo da qualidade. O objetivo seria quantificar financeiramente a redução de perdas por obsolescência biológica em decorrência do ganho de *shelf-life* proporcionado pela redução do *Lead Time*. Essa análise permitiria uma compreensão mais clara do retorno sobre o investimento das melhorias enxutas propostas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BHASIN, S. An appropriate change strategy for lean success. **Management Decision**, v. 50, n. 3, p. 439–458, 2012.
- CARRIJO, P. R. S. Lean manufacturing in agriculture: benefits, obstacles, and opportunities. **Gestão & Produção**, v. 31, n. 1, 2024.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan./abr. 2007.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA); CEPEA. **Sumário Executivo — PIB do Agronegócio – 4º Trimestre de 2024**. Brasília: CNA, 8 abr. 2025. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/sumario-executivo-pib-do-agronegocio-4o-trimestre-de-2024>. Acesso em: 08 nov. 2025.
- COSTA, A. et al. Lean, Six Sigma and Lean APENDSix Sigma in the food industry. **Food Control**, v. 92, p. 134–143, 2018.
- CROOM, S. Topic Issues and Methodological Concerns for Operations Management Research. In: **EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management**, Brussels, Belgium, 31 Jan.-4 Feb. 2005.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- DUGGAN, K. **Creating Mixed Model Value Streams**. 2. ed. New York: Productivity Press, 2018.
- ERLACH, K. **Value Stream Design: The Way to a Lean Factory**. Berlin: Springer, 2013.
- FERRO, J. R. **Aprendizagem Lean e Mapeamento do Fluxo de Valor**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2006.
- FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, Belém, v. 23, n. 3, p. 1–8, set. 2009.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- GOLDRATT, E. M. **The Goal**. Great Barrington: North River Press, 1984.
- GONÇALVES, A. A. Ozônio na indústria de alimentos. **Revista Nacional da Carne**, v. 33, n. 387, p. 110-120, 2009.
- HINES, P.; RICH, N. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 1, p. 46–64, 1997.

HORTIFUTURO. **Sobre a Hortifuturo**. Santo Amaro da Imperatriz, 2023. Disponível em: <https://www.hortifuturo.com.br/sobre/>. Acesso em: 23 out. 2025.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Kanban eletrônico: aplicações e benefícios. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 193–204, 2010.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Lean Thinking: Principles and Practices**. Cambridge, 2025.

LEITE, H. P. **Logística e pensamento enxuto**. São Paulo: Atlas, 2015.

LIKER, J. K. **The Toyota Way: 14 Management Principles**. New York: McGraw-Hill, 2005.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

LOPES, C. R.; CRUZ, J. E.; SANTOS, P. H. Estudo sobre lean manufacturing no agronegócio. **Desafio Online**, v. 13, n. 2, p. 49–67, 2025.

MANSILLA BLANCO, J.; SALDAÑA ROMERO, L.; CHAVEZ-UGAZ, R. Operational Model to Improve Productivity by Applying Lean Manufacturing and Circular Economy in an Agricultural SME. In: LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN CONSORTIUM OF ENGINEERING INSTITUTIONS (LACCEI), 2024, Costa Rica. **Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education, Research, and Industry for a Society 5.0**. Costa Rica: LACCEI, 2024. Disponível em: <https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/meta/FP446.html>. Acesso em: 06 abr. 2026.

MARTINS, M.; DOS ANJOS, C.; DA SILVA, R. The Lean Farm: Application of Tools and Concepts of Lean Manufacturing in Agro-Pastoral Crops. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2597, 2023.

ROTHER, M. **Toyota Kata**. New York: McGraw-Hill, 2012.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Creating Continuous Flow**. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2002.

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

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See**. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2003.

SHINGO, S. **Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system**. Cambridge: Productivity Press, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 6. ed. Harlow: Pearson, 2009.

SLACK, N. et al. **Operations and process management**. 4. ed. Londres: Pearson, 2015.

SMALLEY, A. **Creating Level Pull**. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2004.

SOUZA, R. Case Research in Operations Management. In: **EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management**, Brussels, Belgium, 31 Jan.-4 Feb. 2005.

TAPPING, D. **Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements**. New York: Productivity Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**. New York: Free Press, 2012.

XAVIER, L. et al. Lean production in family farming: application of lean tools for productivity improvement. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 16, n. 3, p. 608–624, 2024.

APÊNDICE A - Matriz de Familiaridade de Processos e Agrupamento de Famílias
(Critério de 80%)

Classes	Produt os	Seleçã o	Desc asca ment o	Pré limp eza	Higie nizaç ão	Enxá gue	Cent rifug ação	Cort e	Envas e em bande ija	Emb alam ento	Pes agem	Sela gem	Etiqu etagem
(i) Folhosas Inteiras Higieniz adas	Mix de Folhas 200g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Rúcula Higieni zada 100g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Alface Americ ana Higieni zada 200g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Alface Crespa Higieni zada 200g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Agrião Higieni zado 100g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Alface Mix 200g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
	Rúcula Higieni zada 50g	X		X	X	X	X			X	X	X	X
(ii) Folhosas e Temper os Picados	Ceboli nha com Salsin ha picada 50g	X		X	X	X	X	X		X	X		X
	Salsin ha picada 50g	X		X	X	X	X	X		X	X		X
	Ceboli nha picada 50g	X		X	X	X	X	X		X	X		X
	Couve Folha Picada 200g	X		X	X	X	X	X		X	X		X

	Salada Mix 150g	x		x	x	x	x	x		x	x		x
	Cenoura desfiada 200g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
	Cenoura ralada 100g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
(iii)	Raízes e Tubérculos Processados		x		x	x	x	x		x	x	x	x
	Cenoura desfiada 100g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
	Vinagrete 200g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
	Beterraba Ralada 200g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
	Yakissoba 500g		x		x	x	x	x		x	x	x	x
(iv)	Hortalças em Bandeja			x					x	x			x
	Brócolis em Bandeja			x					x	x			x

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

APÊNDICE B - Memória de Cálculo do Conteúdo de Trabalho e Variabilidade de Tempos (Critério de 30%)

Tempo (minutos)		Seleção	Pré limpeza	Higienização	Enxágue	Centrifugação	Corte	Embalamento	Pesagem	Selagem	Etiquetagem	Total
(i) Folhas Inteiras Higienizadas	Mix de Folhas 200g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Rúcula Higienizada 100g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Alface Americana Higienizada 200g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Alface Crespa Higienizada 200g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Agrião Higienizado 100g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Alface Mix 200g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Rúcula Higienizada 50g	3	4	15	5	1		0,75	0,167	0,7	0,167	29,784
	Cebolinha com Salsinha picada 50g	3	4	15	5	1	2	0,5	0,167		0,167	30,834
(ii) Folhas e Temperos Picados	Salsinha picada 50g	3	4	15	5	1	2	0,5	0,167		0,167	30,834
	Cebolinha picada 50g	3	4	15	5	1	2	0,5	0,167		0,167	30,834
	Couve Folha Picada 200g	3	4	15	5	1	2	0,5	0,167		0,167	30,834
	Salada Mix 150g	3	4	15	5	1	2	0,5	0,167		0,167	30,834

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

APÊNDICE C - Relatório Consolidado de Vendas, *Share* de Mercado e Volumetria
(Agosto/2024 a Março/2025)

Produtos	Quantidade	Share de Venda (%)	% Acumulada	Classes
Alface Americana Higienizada 200g	17068	13,04%	13,04%	A
Alface Americana Bandeja	15426	11,79%	24,83%	A
Salada Mix 150g	14917	11,40%	36,24%	A
Mix de Folhas 200g	11720	8,96%	45,19%	A
Rúcula Higienizada 100g	10515	8,04%	53,23%	A
Cebolinha com Salsinha picada 50g	9691	7,41%	60,64%	A
Alface Crespa Higienizada 200g	6017	4,60%	65,23%	A
Tomate Grape 150g	5588	4,27%	69,51%	A
Alface Mix 200g	4408	3,37%	72,87%	B
Manjeriço Cumbuca 15g	3555	2,72%	75,59%	B
Cenoura desfiada 200g	3204	2,45%	78,04%	B
Cebolinha picada 50g	3086	2,36%	80,40%	B
Salsinha picada 50g	2954	2,26%	82,66%	B
Hortelã Cumbuca 15g	2680	2,05%	84,70%	B
Aipim Hortifuturo 700g	2401	1,84%	86,54%	B
Alecrim Cumbuca 15g	2373	1,81%	88,35%	B
Yakissoba 500g	1909	1,46%	89,81%	B
Vinagrete 200g	1826	1,40%	91,21%	B
Kit Sopão Hortifuturo 400g	1331	1,02%	92,22%	B

Couve Folha Picada 200g	963	0,74%	92,96%	B
Espinafre Higienizado 80g	853	0,65%	93,61%	B
Agrião Higienizado 100g	838	0,64%	94,25%	B
Cenoura ralada 200g	825	0,63%	94,88%	B
Tomilho Cumbuca 15g	734	0,56%	95,44%	C
Couve Folha Embalada Hortifuturo	632	0,48%	95,93%	C
Cenoura ralada 100g	616	0,47%	96,40%	C
Brócolis Bandeja	545	0,42%	96,82%	C
Acelga un	526	0,40%	97,22%	C
Alfavaca Cumbuca 15g	501	0,38%	97,60%	C
Beterraba Ralada 200g	403	0,31%	97,91%	C
Abóbora Picada 400g	391	0,30%	98,21%	C
Cebola branca picada 100g	369	0,28%	98,49%	C
Rúcula Higienizada 50g	350	0,27%	98,76%	C
Alface Crespa Granel un	334	0,26%	99,01%	C
Sopinha 200g	280	0,21%	99,23%	C
Alface Crespa Hortifuturo	262	0,20%	99,43%	C
Cenoura desfiada 100g	120	0,09%	99,52%	C
Brócolis Higienizado 200g	105	0,08%	99,60%	C
Beterraba Ralada 100g	80	0,06%	99,66%	C
Alface Roxa Hortifuturo	80	0,06%	99,72%	C
Beterraba Ralada 100g	80	0,06%	99,78%	C
Alface Lisa Hortifuturo	68	0,05%	99,83%	C

Alface Crespa Roxa Higienizada 200g	67	0,05%	99,88%	C
Alface Americana Higienizada 100g	43	0,03%	99,92%	C
Vagem Embalada 250g	37	0,03%	99,95%	C
Manjerona Cumbuca 15g	20	0,02%	99,96%	C
Cenoura Embalada 400g	12	0,01%	99,97%	C
Abobrinha Italiana Embalada 400g	10	0,01%	99,98%	C
Alface Crespa Embalada	10	0,01%	99,99%	C
Mini Repolho Embalado 400g	10	0,01%	99,99%	C
Alface Roxa Embalada	5	0,00%	100,00%	C
Mix de Folhas 100g	4	0,00%	100,00%	C

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)