

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DOS ALIMENTOS

Laura Loss Bergmann

**ANÁLISE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE LEITE UHT SOB A PERSPECTIVA
DO *LEAN MANUFACTURING***

Porto Alegre

2021

Laura Loss Bergmann

**ANÁLISE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE LEITE UHT SOB A
PERSPECTIVA DO *LEAN MANUFACTURING***

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Zachia Ayub

Porto Alegre

2021

Laura Loss Bergmann

**ANÁLISE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE LEITE UHT SOB A PERSPECTIVA
DO *LEAN MANUFACTURING***

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Aprovada em: Porto Alegre, ____ de maio de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antônio Zachia Ayub - ICTA/UFRGS

Orientador

Prof. Dr. Jean Philippe Palma Révillion - ICTA/UFRGS

Examinador

MSc. Ulliane Basso Camargo - École Supérieure d'Agricultures

Examinadora

RESUMO

O leite possui uma enorme importância econômica, nutricional e tecnológica no Brasil e no mundo, sendo o leite UHT o principal produto comercializado. Por ser considerado uma *commodity*, a indústria processadora de leite UHT deve manter elevados padrões de performance operacional, de forma a eliminar desperdícios e aumentar a produtividade. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar uma linha de produção de leite UHT e propor melhorias por meio da aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma indústria de laticínios, no qual foi aplicada a metodologia DMAIC e a ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor. Realizou-se a análise do processo produtivo e o levantamento de dados de históricos, identificando-se os desperdícios associados a cada etapa e sugerindo-se ações a fim de eliminá-los. Os desperdícios encontrados se enquadram nas categorias de espera, superprocessamento, inventário, movimentação e talentos/habilidades, e a implementação das mudanças sugeridas pode trazer benefícios para a unidade estudada em termos aumento da produtividade das linhas, economia de recursos e mão de obra, redução de atrasos e aumento do valor agregado ao cliente. Conclui-se que a introdução dos conceitos e da filosofia do *Lean Manufacturing* no ambiente industrial pode proporcionar resultados relevantes para a organização representando o primeiro passo para a conquista da cultura da melhoria contínua.

Palavras-chave: Leite UHT. *Lean Manufacturing*. Desperdício. Melhoria contínua.

ABSTRACT

Milk has enormous economic, nutritional and technological importance in Brazil and worldwide, with UHT milk being the main product sold. Because it is considered a commodity, the UHT milk processing industry must maintain high standards of operational performance, in order to eliminate waste and increase productivity. Therefore, the objective of this work was to analyze a UHT milk production line and propose improvements through the application of Lean Manufacturing concepts and tools. To this end, a case study was carried out in a dairy industry, in which the DMAIC methodology and the Value Stream Mapping tool were applied. The analysis of the productive process and the survey of historical data were carried out, thereby identifying the waste associated with each stage and suggesting actions to eliminate them. The wastes found fall into the categories of waiting, over-processing, inventory, movement and talents / skills, and the implementation of the suggested changes can bring benefits to the unit studied in terms of increased line productivity, resource and labor savings, delays reduction and increased value added to the customer. It is concluded that the introduction of Lean Manufacturing concepts and philosophy in the industrial environment can provide relevant results for the organization and represents the first step towards conquering the culture of continuous improvement.

Keywords: UHT milk. Lean Manufacturing. Waste. Continuous improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Simbologia utilizada na construção do Mapa do Fluxo de Valor	6
Figura 2 - Representação dos Tempos de ciclo, <i>Takt time</i> e <i>Lead time</i>	24
Figura 3 - Resumo dos objetivos das etapas do DMAIC	30
Figura 4 - Estrutura organizacional do Setor da Administração da Produção	32
Figura 5 - Fluxograma de processo do leite UHT	35
Figura 6 - Mapa do Fluxo de Valor do estado atual	40
Figura 7 - Diagrama de Ishikawa dos desperdícios identificados no processo...	50
Figura 8 - Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura da metodologia DMAIC	27
Quadro 2 - Médias diárias por máquina das principais paradas	44
Quadro 3 - Porcentagem de produtos refugados por máquina	46
Quadro 4 - Informações para o cálculo de litros não produzidos	52
Quadro 5 - Resumo das sugestões para redução/eliminação dos desperdícios	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Horas paradas acumuladas conforme tipos de paradas	41
Gráfico 2 - Horas paradas acumuladas conforme tipos de falhas	42
Gráfico 3 - Número de ocorrências de paradas acumuladas conforme tipos de falhas	43
Gráfico 4 - Causas dos refugos de qualidade por máquina	47
Gráfico 5 - Tempo de ciclo e <i>Takt time</i> da linha de produção de leite UHT	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1. <i>OBJETIVO GERAL</i>	12
1.1.2. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 PRODUÇÃO DE LEITE UHT	14
2.2 LEAN MANUFACTURING	15
2.2.1 <i>CONTEXTO HISTÓRICO</i>	16
2.2.2 <i>OS CINCO PRINCÍPIOS</i>	16
2.2.3 <i>OS SETE DESPERDÍCIOS</i>	18
2.2.4 <i>LEAN NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS</i>	19
2.3 FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING	21
2.3.1. <i>MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)</i>	21
2.3.2. <i>MELHORIA CONTÍNUA E KAIZEN</i>	24
2.3.3. <i>MANUTENÇÃO PREVENTIVA TOTAL (TPM)</i>	25
2.3.4. <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i>	26
2.3.5. <i>DMAIC</i>	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	28
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.2.1 <i>FASE DEFINIR</i>	29
3.2.2 <i>FASE MENSURAR</i>	29
3.2.3 <i>FASE ANALISAR</i>	29

3.2.4 <i>FASE MELHORAR</i>	30
3.2.5 <i>FASE CONTROLAR</i>	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 ESTUDO DE CASO	31
4.2 FASE DEFINIR	32
4.3 FASE MENSURAR	33
4.3.1 <i>PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO (PCP)</i>	34
4.3.2 <i>DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO</i>	34
4.4 FASE ANALISAR	41
4.4.1 <i>ANÁLISE DE DISPONIBILIDADE</i>	41
4.4.2 <i>ANÁLISE DE QUALIDADE</i>	45
4.4.3 <i>ANÁLISE DO TAKT TIME</i>	47
4.4.4 <i>ANÁLISE DOS PROCESSOS</i>	49
4.5 FASE MELHORAR	51
4.5.1 <i>DESPERDÍCIOS DE ESPERA</i>	51
4.5.2 <i>DESPERDÍCIOS DE SUPERPROCESSAMENTO</i>	53
4.5.3 <i>DESPERDÍCIOS DE INVENTÁRIO</i>	55
4.5.4 <i>DESPERDÍCIO DE MOVIMENTAÇÃO</i>	56
4.5.5 <i>DESPERDÍCIO DE TALENTOS/HABILIDADES</i>	56
4.5.6 <i>MAPA DO ESTADO FUTURO</i>	57
4.6 FASE CONTROLAR	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O leite de vaca é hoje uma das commodities agropecuárias mais importantes do mundo, e está entre os cinco produtos mais comercializados no planeta. No Brasil, os laticínios são o segundo segmento mais importante da indústria de alimentos, principalmente devido à alta versatilidade da matéria-prima, sendo o leite UHT o principal produto em termos de volume de vendas. Além disso, em termos nutricionais, aproximadamente 1 bilhão de pessoas no mundo dependem do leite para sobreviver, especialmente crianças e grupos sociais mais vulneráveis, em países em desenvolvimento.

Devido a essa importância econômica, nutricional e tecnológica, tornam-se importantes os estudos e práticas envolvendo a cadeia produtiva do leite. A indústria leiteira possui inúmeros desafios a serem superados, desde a manutenção da qualidade e segurança da matéria-prima, adequação às inovações de produtos e tecnologias e a produtividade industrial.

Sendo o leite UHT um produto *commodity*, sem nenhum tipo de valor agregado, sua rentabilidade é baixa, oscilante e fortemente associada a elevados padrões de performance e escala de produção. Para se manter competitiva no mercado, a indústria processadora de leite UHT deve manter seus níveis de eficiência operacional extremamente controlados. Assim, analisar e investir de maneira efetiva na eliminação dos gargalos da produção industrial é considerada uma estratégia essencial para este segmento. (GALAN, 2014; KAWANO, 2013).

Nesse contexto, o sistema de produção enxuta - também conhecido como *Lean Manufacturing* - vem se propagando rapidamente em organizações de diversos setores. Considerado como uma metodologia prática e eficiente, o *Lean Manufacturing* tem como objetivo agregar valor à cadeia produtiva através do uso de ferramentas e técnicas que trabalhem com a redução de desperdícios, o aumento da produtividade, e a melhoria da qualidade do produto final.

O sucesso na implantação do *Lean Manufacturing* depende das particularidades de cada empresa, e a adaptação sob o contexto organizacional, tecnológico e ambiental. Apesar de ser uma aplicação complexa e com necessidade de investimento, uma correta aplicação do *Lean Manufacturing* gera impactos não apenas em relação ao processo produtivo, mas também acerca dos níveis de planejamento, facilitando a tomada de decisão. Ainda que o conhecimento sobre os detalhes da sua implementação seja pouco difundido, a introdução dos conceitos e da cultura *Lean* no ambiente fabril já é capaz de proporcionar resultados relevantes para a organização. (SANTOS *et al.*, 2017).

Neste contexto, este trabalho teve como intuito aplicar os conceitos do *Lean Manufacturing* em uma indústria de laticínios localizada na região do Vale do Taquari (Rio Grande do Sul). Buscou-se fazer uma análise dos processos, aplicar as ferramentas adequadas e auxiliar a empresa a reduzir desperdícios e obter melhorias em toda cadeia produtiva.

1.1 Objetivos

A seguir serão apresentados os objetivos deste trabalho, contendo um objetivo geral e quatro objetivos específicos.

1.1.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar uma linha de produção de uma indústria de laticínios e propor melhorias por meio da aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

1.1.2. Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral anteriormente mencionado, faz-se necessário conquistar os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar o processo produtivo da linha de leite UHT, utilizando o Mapa do Fluxo de Valor (MFV);
- b) Levantar o histórico de ocorrência de paradas de máquina e perdas de qualidade, identificando os impactos sobre a eficiência da fábrica;
- c) Identificar os tipos de desperdícios e seus possíveis causadores;
- d) Sugerir ações a fim de eliminar as fontes de desperdícios.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado uma explanação da produção de leite UHT no Brasil (evolução e processo tecnológico), bem como um panorama geral sobre o *Lean Manufacturing* e suas ferramentas.

2.1 Produção de leite UHT

O crescimento exponencial da produção de leite no Brasil e no mundo se deu majoritariamente devido à evolução tecnológica do segmento. A industrialização do leite *in natura* e dos demais tipos de produtos lácteos surgiu com o intuito de proporcionar ao consumidor maior segurança (produtos livres de micro-organismos patogênicos), durabilidade (produtos com maior tempo de vida útil) e diversificação (produtos com variados teores de gordura, sabores e aportes nutricionais). Assim, o setor passou por diversas mudanças de processos, incluindo tratamentos térmicos, mudanças nas embalagens e adoção de novos sistemas de transporte. (DINIZ, 2017).

No caso do leite *in natura*, a principal implementação se deu com a introdução da tecnologia UHT (*Ultra High Temperature*) e a tecnologia asséptica (embalagens cartonadas). A combinação de ambas tecnologias - atualmente ofertadas por diversas empresas, dentre elas a líder de mercado Tetra Pak - permite que o leite, e outros alimentos líquidos perecíveis, permaneçam em ambiente sem refrigeração, sem conservantes e livres de bactérias patogênicas. (TETRA PAK, 2021).

A produção de leite UHT se dá através do processo de esterilização, que visa a aplicação de temperaturas muito elevadas, a fim de combater a flora patogênica e contaminante, sobretudo micro-organismos esporogênicos e bactérias termorresistentes. Neste sistema, o leite é aquecido dentro da faixa de temperatura de 135 a 150°C por um período de 2 a 4 segundos, e deve ser rapidamente resfriado e acondicionado asépticamente. Em função do volume de produção de cada indústria, o acondicionamento pode se dar em tanques pulmão de armazenamento ou diretamente nas embalagens cartonadas. (TETRA PAK, 2021).

Existem diferentes métodos de esterilização, sendo o mais comumente utilizado o sistema de injeção de vapor. Este, por sua vez, pode ter aplicação direta ou indireta. Na aplicação direta, o vapor é injetado no produto que na sequência é submetido a um resfriamento instantâneo em uma câmara de vácuo. A rapidez do tratamento faz com que seja possível obter um produto de altíssima qualidade, porém requer um alto consumo de energia. No aquecimento indireto, o produto é aquecido por meio de trocadores de calor, o que o faz um método mais econômico, uma vez que a maior parte da energia do aquecimento pode ser recuperada. (TETRA, 2013).

Após a esterilização e o subsequente resfriamento, passa-se a etapa de envase asséptico. A embalagem utilizada neste processo (do tipo cartonada) é produzida com material laminado composto por uma camada externa e duas internas de polietileno (20%), uma de papel duplex para dar estrutura (75%) e uma de alumínio (5%), visando a impermeabilização e evitando a penetração da luz e ar na embalagem. (KAWANO, 2013).

Esse tipo de embalagem é fornecido por meio de rolos (bobinas) que posteriormente são transformados em tubos. Estes são preenchidos com o leite, e em seguida, são pressionados transversalmente, formando uma embalagem hexaédrica. A fim de preservar a assepsia, as embalagens recebem banhos especiais à base de peróxido de hidrogênio e são secados por meio de ar quente estéril antes de entrarem em contato com o produto. (KAWANO, 2013).

2.2 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* - o sistema enxuto de produção - pode ser entendido como um sistema de manufatura onde o objetivo é otimizar procedimentos e processos. Essa otimização se dá através da redução contínua dos desperdícios, da flexibilidade dos processos, do aumento da produtividade, e da alta qualidade do produto final. (SANTOS, 2016a). Na sequência, será apresentado o contexto histórico desta filosofia, as suas bases de existência (os cinco princípios e os sete desperdícios) e como atualmente ela pode ser aplicada na indústria de alimentos.

2.2.1 Contexto histórico

A evolução dos sistemas de produção ao longo dos anos pode ser dividida em três grandes fases: produção artesanal, produção em massa e produção enxuta - o *Lean Manufacturing*.

A produção artesanal é caracterizada como um sistema extremamente manual e centrado em uma única pessoa - o artesão. Esses pontos acabam gerando um produto fabricado de forma mais individualizada, no que diz respeito às características exigidas pelo cliente, ao mesmo tempo que um processo demasiadamente lento, que conseqüentemente encarece o preço de venda do produto. (GASTL, 2017).

No início no século XIX, como consequência da revolução industrial, Henry Ford trouxe a proposta da produção em massa, que veio com o objetivo de produzir em grandes escalas e padronizar o produto final. Em grande contraste com a produção artesanal, seus padrões de produção se diferenciam principalmente pela divisão do trabalho em etapas, uso de peças intercambiáveis e a mecanização/automação do processo. (GASTL, 2017).

O conceito de produção enxuta surgiu no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial, através do Sistema Toyota de Produção. Diante a um cenário de grandes perdas e recursos escassos, o país precisava se reinventar na produção industrial de forma a crescer e tornar-se competitivo no mercado mundial. A partir dessa necessidade, esse novo sistema se consolidou como uma metodologia baseada nos seguintes pilares: entregar ao cliente exatamente o que ele quer, no momento que ele quer com a melhor qualidade possível. (GASTL, 2017).

2.2.2 Os cinco princípios

O *Lean Manufacturing* foi construído em cima de um grupo de técnicas que orientam as organizações sobre como criar o máximo valor para seus clientes, ao mesmo tempo que maximiza a eficiência dos processos. Pode ser utilizado em todas as fases

do processo de produção, da pesquisa e desenvolvimento à embalagem e entrega. É flexível o suficiente para ser aplicado em pequena ou grande escala, o que significa que pode beneficiar uma ampla gama de organizações. Além disso, possui cinco princípios de aplicação e funcionamento: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. (REVERSCORE, 2019; SANTOS, 2016a).

O princípio do **Valor** vai identificar valor para o cliente e a partir disso chegar a definição do preço-alvo. Trata-se de isolar exatamente o que o cliente considera valioso sobre o produto ou serviço de sua própria perspectiva. O preço com base no valor costuma ser mais lucrativo, ao mesmo tempo que aceitável para o cliente final. Essa abordagem “de cima para baixo” é uma estratégia muito diferente do método ascendente, que consiste no cálculo de custos e na adição de uma porcentagem fixa como margem.

O **Fluxo de valor** se refere ao ciclo de vida completo do produto ou serviço, desde o início até o descarte e cada estágio intermediário. Abrange toda a cadeia de suprimentos, materiais de origem, processos de produção, recursos e transporte que geram o produto final. Esse princípio se torna importante para avaliar onde há oportunidades para remover etapas desnecessárias ou otimizar o trabalho em processo.

O **Fluxo contínuo** se refere a não interrupção do fluxo de valor. Quando o fluxo de valor é bloqueado ou deixa de avançar, o desperdício é criado, considerando atrasos e eficiência reduzida.

A **Produção puxada** consiste em produzir mediante a demanda; a demanda é quem “puxa” a produção. Isso significa que cada item é fabricado sob encomenda com base em uma demanda quantificada dos clientes. A produção em grande quantidade e com altos estoques é considerada um desperdício pelo *Lean*, uma vez que se trata de recursos e dinheiro “parados”.

O princípio da **Perfeição** se refere a constante procura por outras maneiras de melhorar e criar etapas que facilitam mais inovações (melhoria contínua). À medida que as empresas continuam a melhorar, mais resíduos são removidos e maior valor é criado, resultando em uma crescente contínua de eficiência, lucratividade e satisfação do cliente.

2.2.3 Os sete desperdícios

Desperdício é definido como qualquer atividade que não agrega valor do ponto de vista do cliente. O *Lean Manufacturing* prevê sete tipos de desperdícios, que são aqueles que são possíveis de serem removidos ou reduzidos dos processos produtivos. São eles: transporte, inventário, movimentação, espera, produção excessiva, processamento excessivo e defeitos. (SANTOS, 2017).

O desperdício de **Transporte** se refere ao movimento de materiais de um local para outro. O transporte não agrega valor para o cliente, já que é um processo que só custa dinheiro e não traz nenhum benefício ao produto. O desperdício de transporte pode ser um custo muito alto, pois são necessárias pessoas e equipamentos como caminhões e empilhadeiras para realizá-lo.

O desperdício de **Inventário** remete ao fato de que cada matéria-prima, cada trabalho em andamento ou produtos acabados têm um custo. Até que o produto seja realmente vendido, a empresa arca com esses custos. Além do custo puro, possuir um alto volume de inventário acarreta em outros desperdícios, já que o mesmo precisa ser armazenado, necessita espaço físico, embalagem e tem de ser transportado nas dependências da empresa. Existe ainda a possibilidade de o produto ser danificado durante o transporte e tornar-se obsoleto.

A **Movimentação** é o tipo de desperdício que está associado a movimentos desnecessários são aqueles referentes em relação à pessoa ou à máquina, que não são tão pequenos ou tão fáceis de alcançar. Os deslocamentos excessivos entre as estações de trabalho, os movimentos excessivos da máquina até o ponto de partida do trabalho, são exemplos do desperdício de movimento. Todos estes movimentos custam tempo (dinheiro), causam estresse nos funcionários e desgastam as máquinas.

A interrupção do fluxo contínuo, um dos principais princípios da *Lean Manufacturing*, se refere ao desperdício por **Espera**. Esse desperdício é criado a partir de atrasos na linha de produção, parada de maquinário e demais causas de tempos ociosos, proporcionando a redução da eficiência.

A **Superprodução**, considerado o mais grave de todos os sete desperdícios, geralmente ocorre devido ao trabalho com lotes grandes e longos prazos de entrega. A superprodução leva a altos níveis de inventário que mascaram muitos dos problemas dentro da organização.

O **Superprocessamento** se refere aos casos em que são utilizadas técnicas inadequadas, equipamentos superdimensionados e à execução de processos que não são exigidos pelo cliente. Considera-se também atividades ineficientes ou desnecessárias, que atrapalham e atrasam a produção.

O desperdício por **Defeitos** se constitui em erros de qualidade que causam defeitos e invariavelmente influenciam de maneira negativa nos custos. Cada item defeituoso exige retrabalho ou substituição, desperdiça recursos e materiais, gera papelada e pode levar a clientes insatisfeitos.

Recentemente, um oitavo desperdício passou a ser considerado dentro da filosofia do *Lean Manufacturing*. Este se refere ao desperdício de **Talentos/Habilidades**, ou seja, não fazer um bom uso das pessoas dentro de sua organização. Isso ocorre nos casos em que a empresa presta pouca atenção ao que os funcionários realmente pensam e o que eles podem contribuir. Os recursos humanos podem ser uma das vantagens mais poderosas para o desenvolvimento de uma empresa. (COUTINHO, 2017).

2.2.4 *Lean na indústria de alimentos*

Apesar de ter suas origens na indústria automobilística, as novas tendências de produção e consumo fizeram com que a metodologia do *Lean Manufacturing* se adaptasse e se expandisse para outros setores da indústria, bem como escritórios, escolas e outros estabelecimentos prestadores de serviços. Nos últimos anos, o ritmo acelerado do mercado tem pressionado empresas dos mais diferentes setores a buscar soluções ágeis, inovadoras e ao menor custo possível, a fim de produzirem produtos de

alta qualidade que atendam às necessidades e exigências dos consumidores. (MENDES, 2019; COMO..., 2020).

Sabe-se que o *Lean Manufacturing* pode ser aplicado como uma estratégia para eliminar o desperdício em todo o processo de fabricação e maximizar a eficiência. A eliminação de desperdícios se torna especialmente importante para a indústria de alimentos considerando as grandes perdas registradas ao longo de toda cadeia produtiva, que ocorrem principalmente devido às altas taxas de rotatividade e a perecibilidade de matérias-primas e insumos. (LACHANCE, 2018).

É importante ressaltar que a óptica principal do *Lean Manufacturing* - e todas as ferramentas técnicas propostas por ele - é contribuir para o alcance de objetivos organizacionais em termos de lucratividade, eficiência, qualidade e satisfação do cliente. No entanto, esta filosofia tem sido também aplicada com o objetivo de responder aos desafios de sustentabilidade das organizações. Em indústrias de alimentos, a aplicação das ferramentas *Lean* para melhorar o desempenho ambiental é uma abordagem que pode ser traduzida não somente aos aspectos energéticos comuns a outras indústrias (redução do uso de energia, água, materiais, etc.) mas também a diminuição do desperdício de alimentos durante toda a cadeia produtiva. (GARZA-REYES, 2015; ROMERO, 2017).

A sustentabilidade ambiental é hoje um dos imperativos estratégicos para as organizações, que deve estar alinhada às suas prioridades tradicionais de rentabilidade e eficiência. Esse ponto se torna ainda mais evidente para as indústrias de alimentos, considerando os aumentos alarmantes do desperdício de alimentos e o desafio iminente de aumentar a produção para alimentar a população mundial nos próximos anos. Sendo assim, a aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing* pode ser uma estratégia extremamente benéfica, tendo em vista a sua capacidade de contribuir simultaneamente com os objetivos base das empresas e com um futuro sustentável na cadeia de produção de alimentos. (GARZA-REYES *et al.*, 2018).

2.3 Ferramentas do Lean Manufacturing

Nesta subseção será apresentado as principais ferramentas que constituem o escopo de aplicação do *Lean Manufacturing*. São elas: Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), melhoria contínua e *Kaizen*, Manutenção Preventiva Total (TPM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e DMAIC.

2.3.1. Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta que permite analisar o ciclo de vida de um produto ou serviço. É um dos princípios-chave da filosofia do *Lean Manufacturing* - seção 2.2.2 - e pode contribuir significativamente para os esforços de melhoria contínua em uma empresa. (REVERSCORE, 2020).

O objetivo do MFV é a identificação e eliminação de desperdícios. Nesse sentido, todos os oito tipos de desperdícios citados na seção 2.2.3 são considerados: inventário, movimentação, transporte, superprodução, defeitos, superprocessamento, espera e telantos/habilidades. Desta forma, a análise é realizada em cima de aspectos que contribuem direta ou indiretamente para o produto final: o fluxo de materiais - principalmente matéria-prima, insumos e embalagens, no caso de indústrias de alimentos - e o fluxo de informações. (REVERSCORE, 2020).

O fluxo de valor em si se refere à vida útil completa de uma oferta específica - do momento em que um pedido é feito pelo cliente até o momento em que o produto ou serviço é entregue. Abrange toda a cadeia de suprimentos, materiais de origem, processos de produção, recursos e transporte que geram o produto. Entender em quais etapas o valor é criado (ou não) ajuda as organizações a alinhar suas atividades com as necessidades do cliente e focar nas áreas que mais importam. Além disso, o MFV é útil para entender como equipes ou departamentos trabalham em conjunto, já que registrar todas as etapas de um processo permite obter uma visão geral de alto nível de todas as tarefas envolvidas. (REVERSCORE, 2020; SANTOS, 2016b).

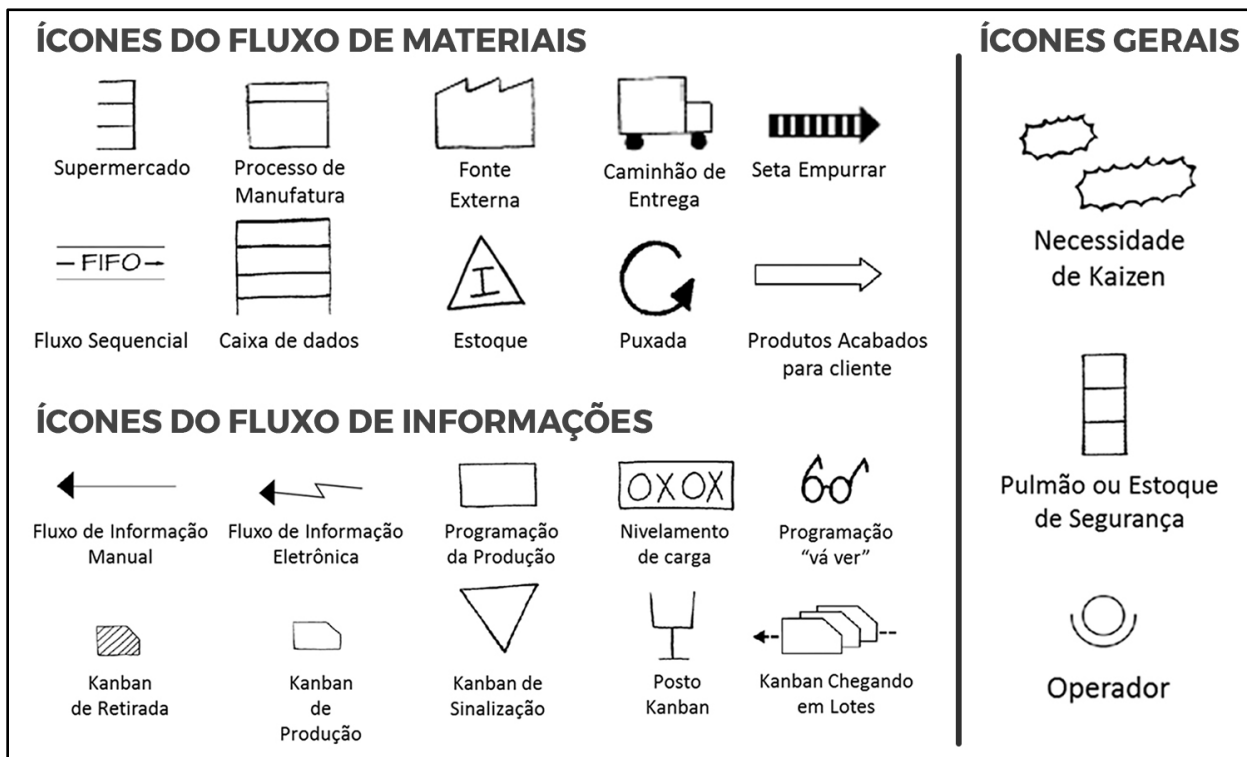
No sistema enxuto de produção, “valor” é considerado qualquer coisa pela qual o cliente está disposto a pagar. Em termos práticos, isso se traduz nos aspectos do produto ou serviço que justifiquem o dinheiro investido pelo cliente. Porém, é importante ressaltar que nem todas as partes de um processo contribuirão diretamente para a criação de valor: algumas etapas podem não criar valor por si mesmas, mas são indispensáveis para o processo como um todo. O controle de qualidade, por exemplo, não está diretamente vinculado à criação de valor, no entanto, sem ele, o produto final pode não estar dentro dos padrões ou especificações requeridas, o que levaria à insatisfação do cliente e futuros reembolsos. (REVERSCORE, 2020; SANTOS, 2016b).

A elaboração do MFV consiste basicamente em quatro etapas. Primeiramente, realiza-se a escolha do produto ou família de produtos em que se pretende trabalhar. A família de produtos é determinada pelas semelhanças de etapas de processamento e equipamentos comuns de um determinado grupo de produtos. A escolha do grupo de produtos, assim como toda a análise dos processos utilizando o MFV, é definida a partir da perspectiva do valor gerado para o cliente. Assim, o grupo que possui maior importância para os clientes são os que merecem maior atenção e devem ser selecionadas para a construção do MFV. (ROTHER; SHOOK, 2003).

O segundo passo é a elaboração do mapa do estado atual. É nesta etapa que o fluxo de produção é avaliado, desde o fornecedor até o cliente, desenhando uma representação visual de cada processo e do fluxo de materiais e informação. (ROTHER; SHOOK, 2003).

Por terceiro, a análise do estado atual é realizada. É aqui onde propriamente se identificam os desperdícios e as oportunidades de melhoria. Por fim, a quarta e última etapa consiste na elaboração de um novo mapa (mapa de estado futuro), que representa como o fluxo deve acontecer após a remoção dos processos ineficientes, sendo utilizado como base para as mudanças necessárias no processo. (ABDULMALEK, 2007). Os símbolos utilizados por Rother e Shook (2003), para demonstrar os processos e os fluxos no estado atual e futuro são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Simbologia utilizada na construção do Mapa do Fluxo de Valor



Fonte: Rother e Shook (2003)

O MFV do estado futuro representa, então, um guia para que a melhoria contínua dos processos possa ser implementada. Os primeiros passos para começar o planejamento da implementação podem ser: onde há maior entendimento do processo pelos colaboradores, melhores oportunidades de sucesso ou pressupõem-se que o impacto financeiro seja maior. (ROTHER; SHOOK, 2003). Além disso, para a construção de um MFV (atual e futuro) existem cinco conceitos que devem ser conhecidos e analisados. (TECNICON..., 2019).

O **Tempo de ciclo** é o tempo necessário para que uma peça (unidade de produto) seja finalizada em uma etapa do processo do fluxo de valor. Deve ser determinado por meio de observação e inclui, além do tempo de operação, tempo de espera, preparo, carregamento ou descarregamento de materiais etc.

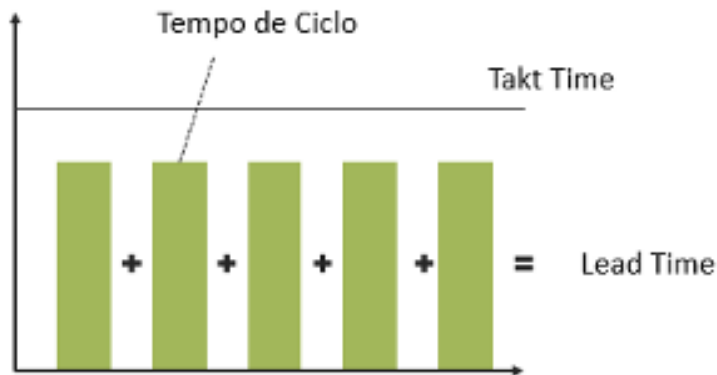
O **Set up time** é o tempo necessário para a alteração dos processos produtivos. Em outras palavras, é o tempo de parada gasto entre cada mudança de produto.

Lead time é o tempo necessário para um produto percorrer cada etapa do processo do início até o fim. Pode ser dito também como o tempo transcorrido do momento em que o cliente faz a solicitação de um produto até o recebimento do produto pelo cliente. De maneira mais prática, o *Lead time* representa o somatório de todos os tempos de ciclo envolvidos no processo, conforme mostra a Figura 2.

Takt time significa o tempo em que se deve produzir determinado produto, baseado nas demandas do cliente (Equação 1). Considera-se no cálculo o tempo disponível de produção como o tempo operacional líquido que se tem para produzir em um determinado período - subtraindo todas as paradas programadas - e a necessidade do cliente como o total de pedidos solicitados em um mesmo determinado período. O *Takt Time* é, então, muito importante para evitar atrasos na linha produtiva e no controle de estoque, gerando equilíbrio na produção e velocidade constante.

$$\text{Takt time} = \text{Tempo disponível de produção} / \text{Demanda do cliente (1)}$$

Figura 2 - Representação dos Tempos de ciclo, *Takt time* e *Lead time*



Fonte: Coutinho (2020)

2.3.2. Melhoria contínua e Kaizen

Melhoria contínua é a prática que visa tornar resultados cada vez melhores, mais eficientes e eficazes, sejam eles em produtos, processos ou serviços. É um processo

cíclico no qual sempre são identificadas novas oportunidades de melhoria para serem colocadas em prática. (COUTINHO, 2021).

A melhoria contínua é considerada como uma cultura a ser implementada nas organizações. Ela não se aplica apenas no âmbito de melhorar processos, mas também deve estar inserida em todos os níveis da empresa, desde a alta administração até os operadores do chão de fábrica. Para que essa prática seja bem sucedida, é necessário estabelecer objetivos específicos, padronizar processos e definir indicadores mensuráveis. (COUTINHO, 2021).

O conceito do *Kaizen* surgiu dentro do *Lean Manufacturing*, também no período pós Segunda Guerra Mundial. A palavra *Kaizen* se traduz em mudança (kai) para o bem (zen). Desta forma, torna-se um conceito diretamente relacionado à cultura da melhoria contínua. Representa muito mais uma filosofia do que uma ferramenta específica. Nesse sentido, sua abordagem aparece em métodos diferentes de melhoria de processos, desde o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) - seção 2.3.1 - até a implementação de caixas de sugestões de funcionários. (LOZADA, 2020).

O *Kaizen* evidencia o fato que sempre há espaço para fazer pequenas melhorias e ajustar processos e práticas diariamente, o que resulta em mudanças substanciais a longo prazo, sem ter que passar necessariamente por nenhuma inovação radical. A aplicação prática desta filosofia se dá através da formação de equipes *Kaizen*, que conduzem projetos de melhoria fazendo uso das ferramentas do *Lean Manufacturing*. (COUTINHO, 2017b).

2.3.3. Manutenção Preventiva Total (TPM)

A Manutenção Preventiva Total (*Total Preventive Maintenance* - TPM) é um conjunto de técnicas incorporado à filosofia do *Lean Manufacturing* que garante que toda e qualquer máquina no processo de produção seja sempre capaz de realizar a tarefa requerida. Possui como propósito proporcionar condições favoráveis para que um

processo seja capaz de operar de forma padronizada e sem paradas imprevistas. (CLARITY, 2021; COUTINHO, 2017a).

Os resultados da sua implementação - aumento da produtividade, eficiência e segurança - ocorrem por meio da capacitação ou empoderamento dos operadores e líderes de equipe para que desempenhem um papel proativo no dia-a-dia da produção. O TPM possui 8 pilares de atividades: manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção da qualidade, melhorias específicas, controle inicial, treinamento, segurança e meio ambiente e gestão administrativa. (COUTINHO, 2017a).

2.3.4. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

O *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* é o principal indicador de eficácia global de um equipamento. O indicador foi introduzido como uma medida fundamental para se avaliar a performance de um equipamento, sendo usado como um dos componentes fundamentais da metodologia do TPM. Os parâmetros considerados para o cálculo do OEE são a disponibilidade (tempo de produção versus tempo de paradas), performance (produção programada versus realizada) e qualidade (produção realizada versus refugada). (VINCE, 2021).

2.3.5. *DMAIC*

O DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*) é uma metodologia de resolução de problemas com foco na melhoria contínua. Também é uma ferramenta que faz parte do escopo do *Lean Manufacturing*, e é especialmente utilizada para direcionar o projeto de melhoria (SERVIN, 2012). Sua estrutura é baseada nas etapas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Estrutura da metodologia DMAIC

Definir (D)	Mensurar (M)	Analisar (A)	Melhorar (I)	Controlar (C)
Especificação do problema e os requisitos para sua solução	Quantificar as variáveis associadas ao problema	Determinação das causas dos problemas	Definição das ações a serem implementadas	Garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo

Fonte: Autora.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será abordado como se deu o andamento deste trabalho. Será apresentado a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados para o atingimento dos objetivos.

3.1 Classificação da pesquisa

Considerando o objetivo do presente trabalho como a análise e proposta de melhorias em uma linha de produção industrial utilizando as ferramentas do *Lean Manufacturing*, o procedimento metodológico adotado foi o estudo de caso, uma vez que possui a intenção de entender um fenômeno dentro de um cenário real, permitindo um amplo conhecimento da temática do assunto. Nesse contexto, é possível classificá-lo também em termos de uma pesquisa exploratória, que consiste em estudar um cenário atual e construir novos cenários através da geração de hipóteses e implantação de melhorias. (GIL, 2008; SILVA; MENEZES, 2005).

Ainda, a pesquisa possui uma natureza aplicada, pois busca resolver um problema concreto e de aplicação prática, sob a expectativa da implantação de ferramentas e métodos para o alcance de resultados melhores para a unidade de estudo. Por fim, considerando a coleta e análise de dados e informações, de forma a poder fazer as devidas considerações e atingir os objetivos de melhoria propostos, a abordagem da pesquisa pode ser caracterizada como quantitativa. (BARROS; LEIHFELD, 2000).

3.2 Procedimentos metodológicos

De forma a estruturar adequadamente as etapas deste projeto de melhoria, a metodologia DMAIC foi aplicada conforme explicitado em 2.3.4. Um resumo do procedimento metodológico implementado é apresentado na Figura 3.

3.2.1 Fase Definir

Primeiramente, através da fundamentação teórica, criou-se uma base de conhecimentos pertinentes a respeito do *Lean Manufacturing* e suas ferramentas, os quais foram estudados e contextualizados para o âmbito do projeto. Em seguida, com a finalidade de determinar o escopo do projeto, foi realizada uma reunião com os supervisores de produção, juntamente com o diretor industrial da unidade. Nessa reunião foram levantados os pontos de maior necessidade da fábrica: definição do setor de atuação e seus respectivos equipamentos alvos.

3.2.2 Fase Mensurar

A partir da determinação do escopo de trabalho, passou-se à realização de observações *in loco* e entrevistas com os colaboradores envolvidos na problemática (operadores, técnicos e supervisores de produção). Foram coletadas as informações pertinentes para a construção do mapa do fluxo de valor do estado atual: tempos de cada processo (tempo de ciclo); tempo de troca (*setup time*); número de colaboradores envolvidos em cada etapa; estoques; frequências de pedidos e entregas. Paralelamente, realizou-se também a coleta de dados, os quais foram extraídos do histórico de funcionamento dos equipamentos em questão (tempo de produção, tempo de paradas), dos registros de produção (motivos das paradas, número de paradas), das planilhas de controle de qualidade (volume produzido e volume refugado).

A partir disso, foi realizado o tratamento e padronização dos dados numéricos, a construção do fluxograma do processo e do mapa do fluxo de valor do estado atual. Este foi embasado pela metodologia proposta por Rother e Shook (2003), utilizando-se os ícones de fluxo de materiais, fluxo de informações, e os ícones gerais recomendados (Figura 1).

3.2.3 Fase Analisar

A partir dos dados obtidos anteriormente, foi realizada uma análise crítica do processo produtivo, identificando os desperdícios associados em cada etapa, bem como análises complementares com objetivo de avaliar detalhadamente alguns desperdícios específicos. Esta fase teve como base os oito tipos de desperdícios previstos pelo *Lean Manufacturing* (seção 2.2.3).

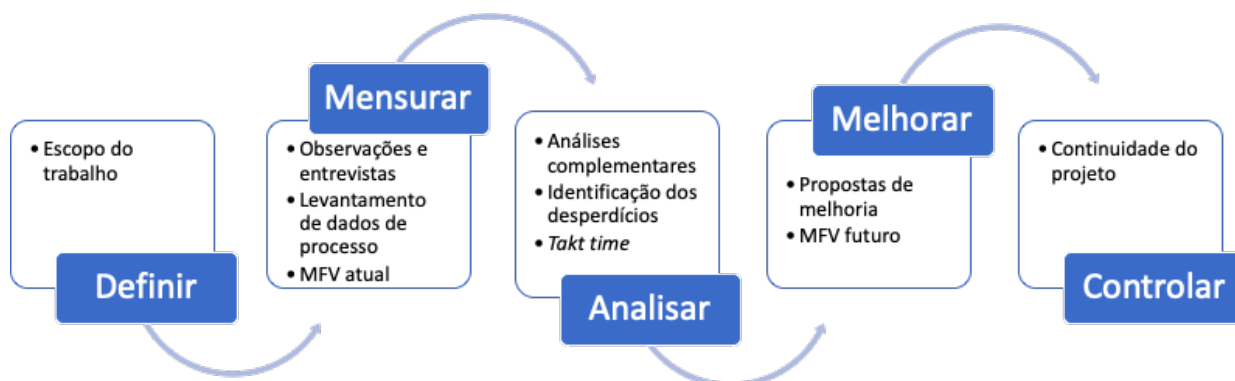
3.2.4 Fase Melhorar

Nesta etapa, a partir da análise dos resultados, foi possível realizar as propostas de ferramentas e melhorias baseadas na filosofia do *Lean Manufacturing*, conforme apresentado na seção 2.3. Assim, foi construído o mapa de fluxo de valor do estado futuro, com o objetivo de reduzir os desperdícios e consequentemente melhorar o processo produtivo em estudo.

3.2.5 Fase Controlar

Esta última etapa, devido a restrições de tempo, refere-se a perspectivas futuras resultantes deste trabalho. Ela se configura como a continuidade do projeto em questão, onde se considera a aplicação e o acompanhamento das mudanças propostas, de forma a implementar efetivamente uma cultura de melhoria contínua na fábrica.

Figura 3 - Resumo dos objetivos das etapas do DMAIC



Fonte: Autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção abordará os resultados obtidos no decorrer do trabalho. Em um primeiro momento, será apresentado o estudo de caso, onde tem-se a descrição da empresa estudada. Em seguida, nas seções seguintes, são apresentadas cada uma das fases da metodologia DMAIC.

4.1 Estudo de caso

O estudo de caso realizado para o presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria de grande porte do setor de laticínios localizada no Vale do Taquari, no Estado do Rio Grande do Sul. Esta unidade industrial, que inicialmente atuava de forma autônoma no mercado, foi adquirida em 2015 por uma empresa multinacional, dentro de um processo de expansão dos seus negócios no Brasil. Hoje, a empresa possui 19 unidades industriais em território nacional e mais de 250 ao redor do mundo.

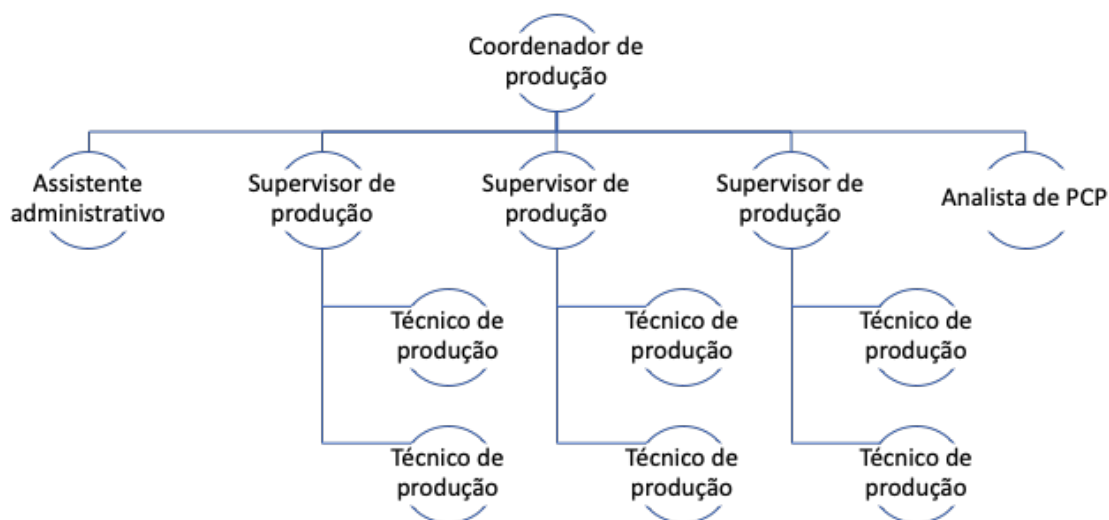
A empresa possui um amplo portfólio de produtos lácteos, produzindo mais de 14 marcas, tanto nacionais quanto internacionais. A unidade estudada é responsável pela produção de leites UHT regulares (integral, semidesnatado e desnatado) e especiais (zero lactose e alimento de soja), creme, manteiga, leite condensado, produtos formulados (molhos prontos, bebidas lácteas) e produtos desidratados (leite em pó e composto lácteo).

Uma das grandes estratégias da companhia no Brasil é o investimento nos mercados internacionais da América Latina. Em 2020, houve um aumento de quase 170% no volume de produtos exportados a partir do Brasil, que cresceu de 1,3 mil toneladas, em 2019, para 3,4 mil toneladas. Este aumento significativo na demanda de outros países exige um maior rigor e agilidade na produção, o que sugere que uma maior atenção à disponibilidade, performance e qualidade dos processos.

Atualmente, a gestão da produção da fábrica é feita pelo setor intitulado como “Administração da Produção”, que conta com 12 colaboradores em sua estrutura,

conforme Figura 4. Além destes, a equipe conta com o apoio de alguns operadores denominados “apontadores de produção”, que se encarregam de registrar no sistema todos os dados dos processos preenchidos manualmente pelos demais operadores.

Figura 4 - Estrutura organizacional do Setor da Administração da Produção



Fonte: Autora.

4.2 Fase Definir

Durante a reunião realizada com as lideranças da gestão da produção, a situação de cada setor produtivo foi levantada e pode-se, assim, determinar em qual deles a aplicação de um projeto de melhoria seria mais pertinente no momento atual. Foram considerados, então, os volumes de produção, o retorno financeiro do produto, os principais problemas enfrentados e a facilidade de obtenção de dados de processo. Diante do exposto, foi consenso entre a equipe que a linha de produto mais viável para o projeto seria a linha de leites UHT.

A unidade industrial estudada possui quatro esterilizadores de tratamento UHT contínuo por injeção direta e vapor, cada um deles associados a uma ou mais máquinas de envase assépticas. Estas estão divididas em três categorias: envase em garrafas PET (Máquina SERAC), envase em embalagens cartonadas com abertura por perfuração

(Máquinas MID) e envase em embalagens cartonadas com abertura por tampa de rosca (Máquinas EDGE).

A fim de tornar o trabalho mais específico, considerando ainda os critérios mencionados anteriormente, foi determinado que o escopo seria afunilado para a produção realizada no esterilizador de número 4, que está acoplado à três máquinas de envase EDGE, chamadas de EDGEs 3, 4 e 5. Na etapa seguinte, será apresentado o processo descrito detalhadamente, especificando informações relevantes para a construção do Mapa de Fluxo de Valor.

4.3 Fase Mensurar

Nesta seção, será apresentado a descrição dos processos operacionais da unidade: o planejamento e controle da produção e as etapas de produção do leite UHT. Considerando que as primeiras cinco etapas produtivas são processos comuns a todos os produtos da unidade estudada, as análises realizadas na sessão 4.4 se referem às etapas que correspondem exclusivamente à produção de leites UHT.

A fim de estudar esses processos, torna-se válido, primeiramente, entender as condições e a sistemática de trabalho. Sendo assim, em se tratando do número de funcionários, a linha de produção de leite UHT do esterilizador de número 4 possui, por turno, cinco colaboradores envolvidos diretamente no processo: um responsável pelo controle do sistema completo de esterilização (que inclui etapas de homogeneização e resfriamento), outros três responsáveis pelo controle das três máquinas de envase e outro responsável pela finalização do palete.

A fábrica possui três turnos de trabalho, sendo o primeiro das 6 h às 14:20 h (turno A), o segundo das 14 h às 22:20 h (turno B) e o terceiro das 22 h às 6:20 h (turno C). O único momento em que a fábrica se encontra parada é nos sábados a partir das 18:30 h, com retomada da produção nos domingos às 22 h.

4.3.1 Planejamento e Controle de Produção (PCP)

O planejamento da produção da unidade industrial estudada é realizado mensalmente pelo Analista de PCP em conjunto com a equipe de planejamento de demanda (PD). O analista, primeiramente, apresenta a capacidade fabril para o próximo trimestre, considerando a disponibilidade de mão de obra e equipamentos. A partir do cenário apresentado, baseado nas demandas futuras dos clientes, a equipe de PD repassa quais produtos e em quais quantidades devem ser produzidos. Com isso, o Analista de PCP pode estruturar a programação diária de produção para os próximos três meses.

Essa programação é constantemente revisada (pelo menos uma vez ao mês, juntamente com o planejamento do próximo trimestre). A demanda pode variar dependendo do volume de vendas realizado e a equipe da administração da produção deve se adaptar em função disso: acelerar a produção se as de vendas forem superadas ou diminuir o ritmo de produção se elas não forem atingidas. Ao estipular as quantidades a serem produzidas, a equipe de PD considera um estoque de segurança de produtos acabados, o qual é controlado em função da vida útil do produto.

A unidade mantém um estoque de segurança de insumos e materiais, o que equivale, em média, a quantidades necessárias para 15 dias de produção. Este valor é determinado através da análise mensal da percentagem de consumo dos últimos três meses, realizada pelos colaboradores do Setor de Almoxarifado.

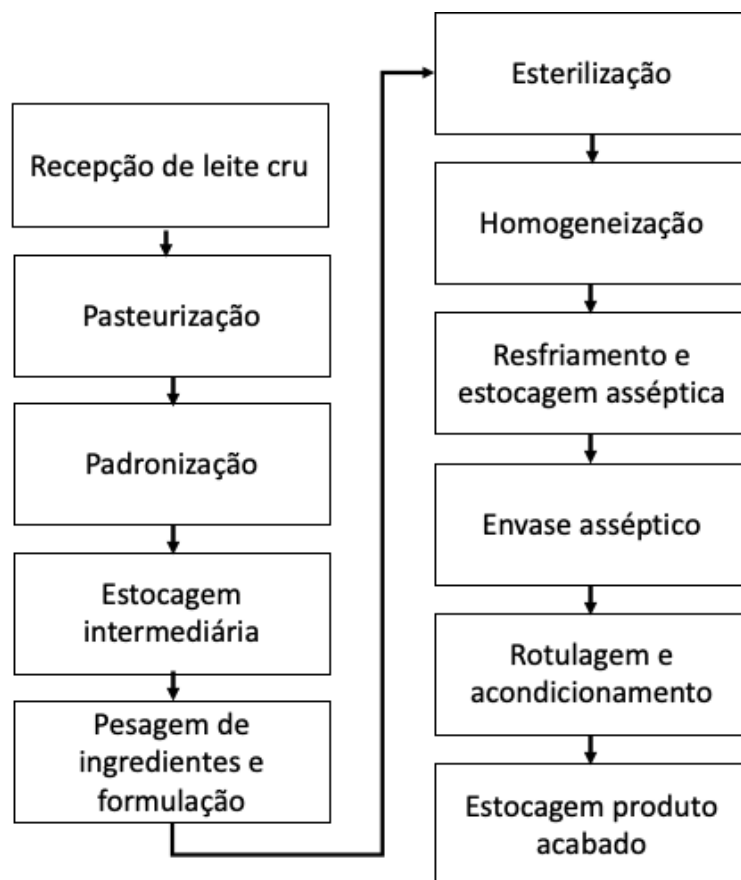
4.3.2 Descrição do processo produtivo

O processo de fabricação do leite UHT se inicia com a recepção da matéria-prima (leite), que é estocada refrigerada em silos específicos, e a recepção dos demais insumos (aditivos e embalagens), que são armazenados nos depósitos de materiais secos (DMS). Na sequência, tem-se as seguintes etapas: pasteurização, padronização, estocagem intermediária de leite pasteurizado, pesagem de ingredientes e formulação,

esterilização, homogeneização, resfriamento e estocagem asséptica, envase asséptico, rotulagem e acondicionamento e estocagem do produto acabado.

A seguir, tem-se a descrição em maiores detalhes de cada uma das etapas. A Figura 5 apresenta o fluxograma completo do processo.

Figura 5 - Fluxograma de processo do leite UHT



Fonte: Autora.

Na etapa de **Recepção**, o leite cru refrigerado chega à unidade em caminhões-tanque isotérmicos e, após análises de liberação, é descarregado passando por um sistema de filtros, com o objetivo de reter partículas indesejáveis. O leite é, então, bombeado aos silos isotérmicos de estocagem onde é mantido resfriado até o momento de sua utilização (em média, 16 h).

O leite passa, então, para o processo de **Pasteurização**, sendo submetido a uma temperatura mínima de 73,5 °C e permanecendo nessa temperatura por um mínimo de 15 segundos. Os pasteurizadores possuem uma vazão média 42.000 L/h. Em seguida, o leite pasteurizado passa por uma centrífuga clarificadora que realiza a separação da gordura do leite (etapa de **Padronização**). A gordura é reincorporada por um sistema automático do equipamento, em função do teor desejado para cada produto. Esse processo possui, em média, 1 h de duração. Após a padronização, tem-se a etapa de estocagem intermediária, onde o produto é enviado e mantido resfriado em silos isotérmicos destinados à estocagem de leite pasteurizado, onde ficam armazenados por um tempo médio de 24 h.

A fase de **Pesagem de ingredientes e formulação** acontece da seguinte maneira: os ingredientes são pesados conforme a batelada a ser formulada, em balança digital localizada na sala de pesagem, sendo o excedente de ingrediente não utilizado tem sua embalagem fechada e retorna ao almoxarifado; os insumos são diluídos junto ao tanque de mistura, onde circulam no sistema por cerca de 5 min para garantir a completa dissolução; por fim, os mesmos são adicionados diretamente na linha do leite padronizado.

Na etapa de **Esterilização**, o produto é primeiramente pré-aquecido entre 78 e 85 °C, através do trocador de calor tubular. A seguir, recebe a injeção direta de vapor, atingindo a temperatura mínima 138,5 °C, e ingressa no tubo de retenção, permanecendo neste por no mínimo 4 s. Ao final, o produto segue para a câmara de vácuo, onde parte da água é evaporada e a temperatura é reduzida quando o produto segue para o homogeneizador (entre 78 e 85 °C).

É nesta etapa que a produção de leite UHT é efetivamente iniciada. O esterilizador 4 opera em uma vazão máxima de 26.000 L/h e pode produzir por até 24h. Além disso, ele processa duas diferentes categorias de leites UHT: leites regulares (integral, semidesnatado e desnatado) e leites especiais (zero lactose, bebida láctea sabor chocolate e alimento de soja). É importante ressaltar que durante um mesmo ciclo produtivo pode haver a produção de diferentes produtos. Desta forma, caso a troca do

produto aconteça entre categorias (e.g. leite regular integral para leite zero lactose) ou entre matérias-primas (leite para soja), ela deve ser intermediada por uma limpeza CIP, a fim de evitar a contaminação cruzada; caso contrário, ela pode ser feita de maneira direta, apenas alterando o silo de origem e as bobinas de embalagem na etapa de envase. No primeiro caso, a troca de produto dura o tempo normal do CIP e esterilização subsequente (em torno de 5 h); no segundo caso, considera-se uma duração entre 20 e 25 min como aceitável.

Em seguida, em um mesmo fluxo contínuo, ocorre a etapa de **Homogeneização**, a qual é necessária para que a gordura se distribua uniformemente no produto, provocando a quebra das partículas de gordura e impedindo a sua aglomeração. Ela ocorre em um homogeneizador a pistão, que opera a 60.000 L/h, com barreira de vapor a temperatura mínima de 98 °C.

No **Resfriamento e estocagem asséptica**, o produto é resfriado indiretamente em trocadores de calor tubular (30.000 L/h), com circulação de água, até a temperatura menor ou igual a 32 °C. Em seguida, é enviado ao tanque isotérmico de estocagem asséptica (40.000 L), onde permanece até o momento de envase. O envio do produto para as máquinas de envase inicia a partir do momento em que o tanque atinge 6 % da sua capacidade, o que representa um tempo médio de 13 min após o início da esterilização.

O **Envase asséptico** do produto ocorre em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas. No processo de esterilização do material de embalagem, este recebe um banho de peróxido de hidrogênio (30 - 50%, entre 76° e 90°C), sendo posteriormente secado pela prensagem entre dois rolos (espremedores) e aplicação de um jato contínuo de ar quente. Na sequência, a embalagem é conduzida à câmara asséptica, onde ocorre, por aquecimento, a formação do tubo e selagem vertical e horizontal inferior. O produto é então dosado e a embalagem é fechada através da selagem horizontal superior nas canecas de formação, que propiciam a geometria da embalagem. Após esta sequência, são realizadas a dobragem e a selagem das abas na dobradora final. Durante a produção, a cada troca de bobina e/ou fita, os operadores da máquina de envase realizam análises de micro furos e hermeticidade da embalagem.

Conforme mencionado anteriormente, as máquinas de envase asséptico estudadas neste trabalho são as chamadas EDGEs 3, 4 e 5. Elas possuem uma capacidade de envase máxima de 8000 L/h e, seguindo as recomendações do fabricante, a empresa trabalha com ciclos de produção de 24h. Neste período, 15% do tempo de produção é previsto para paradas programadas, que comportam alterações como preparação da máquina, renovação de tubo, troca de produto e limpeza intermediária.

Na etapa de **Rotulagem e acondicionamento**, o produto segue para a colocação das tampas e posterior aplicação do rótulo. As embalagens de leite UHT são acondicionadas em conjuntos de 12 unidades e em caixas de papelão, posteriormente paletizadas, identificadas e envoltas por filme *stretch*. A paletização é feita por meio de um robô, o qual trabalha a uma velocidade que o torna capaz de formar um palete completo (1080 L) em uma média de 8 min. Vale ressaltar que as máquinas EDGE's trabalham acopladas a dois robôs de paletização. Além disso, a movimentação do palete até a esteira onde ocorre a passagem pela máquina de filme *stretch* dura mais 2 min.

Por fim, os produtos paletizados passam para a **Estocagem** no depósito de produtos acabados e aguardam liberação pela Garantia da Qualidade. Os produtos somente são liberados se estiverem conforme os padrões físico-químicos e microbiológicos previstos. Os leites UHT regulares (integral e desnatado) aguardam liberação até 5 dias após a produção, enquanto os leites especiais e os semidesnatados aguardam 7 dias.

É importante ressaltar que ao final de cada ciclo de produção, é necessário realizar a limpeza e sanitização de todos os equipamentos envolvidos no processo, de forma a deixá-los prontos para receber uma próxima produção. A unidade estudada utiliza o sistema CIP (*clean in place*) para este fim.

Este é um processo que dura, em média, 5 h, e deve ser iniciado logo após o término da produção. A primeira etapa consiste em um enxágue quente, a fim de eliminar possíveis resíduos de leite das tubulações; as etapas seguintes se referem a sanitização e consistem na aplicação de dois ciclos de hidróxido de sódio, seguidos por mais dois

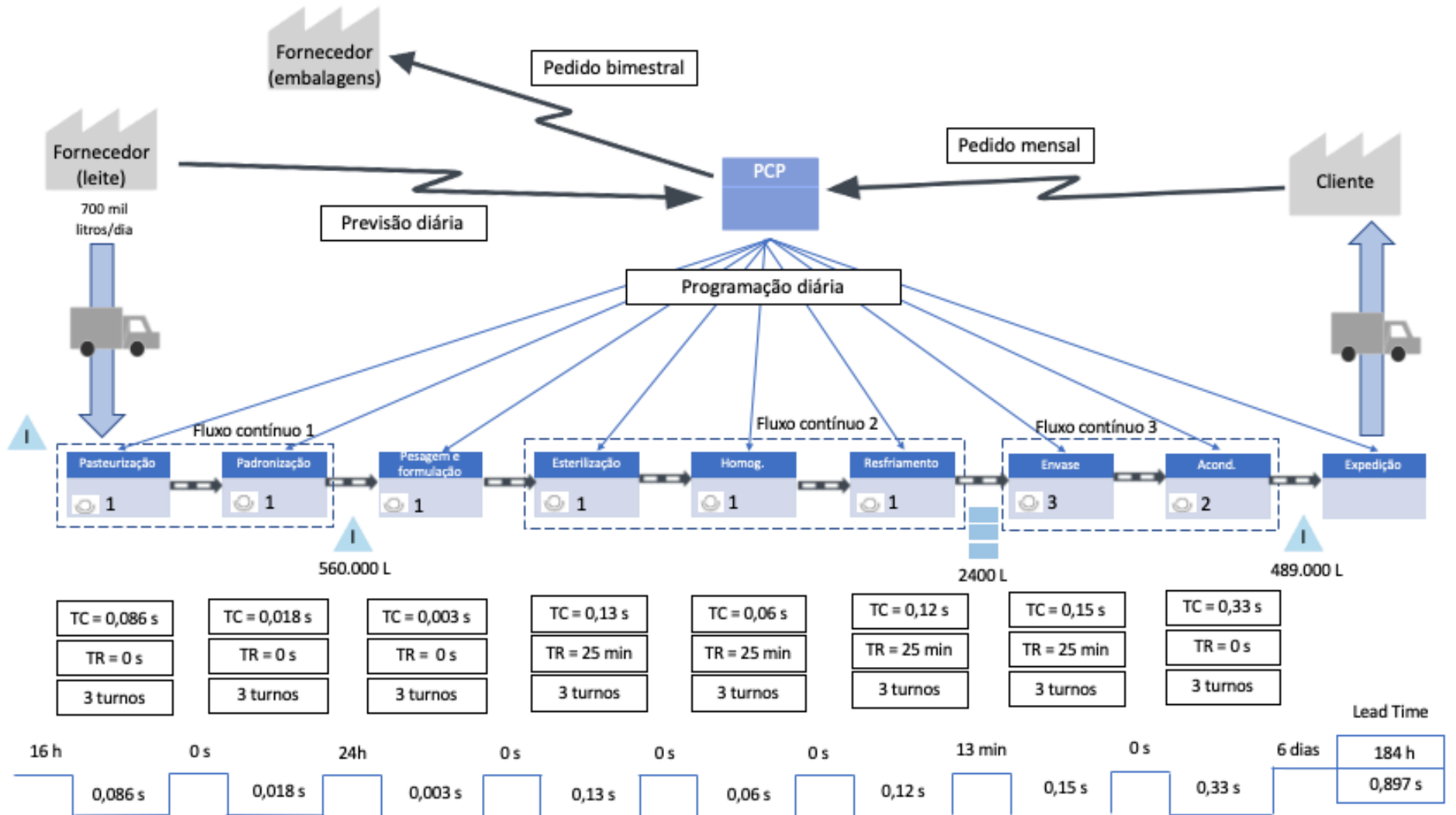
ciclos de ácido nítrico, sendo todos estes alternados com a enxágues de água. E para finalizar, ocorre um último enxágue com água, a fim de eliminar quaisquer resíduos dos produtos químicos utilizados. Antes de receber uma próxima produção, o equipamento passa por um ciclo de esterilização, utilizando apenas água.

Todas as etapas e parâmetros do processo seguidos pela empresa acontecem segundo as recomendações do fabricante dos equipamentos, que foram determinadas considerando a realidade da fábrica. É válido ressaltar que, após o processo do CIP, os equipamentos podem estar ociosos por no máximo 36 h. Em caso de tempos superiores, é necessário realizar um novo CIP. Logo, torna-se muito importante considerar este processo no âmbito do planejamento de produção.

4.3.2 Mapa do fluxo de valor do estado atual

Seguindo a metodologia proposta por ROTHER e SHOOK (2003), foi desenvolvido o mapa de fluxo de valor do estado atual da fábrica. No MFV é possível verificar todas as etapas de produção, bem como, seus tempos de ciclo, quantidade de colaboradores e, além disso, os meios de comunicação entre clientes, fornecedores e fábrica. A Figura 6 apresenta o MFV atual.

Figura 6 - Mapa do Fluxo de Valor do estado atual



Fonte: Autora.

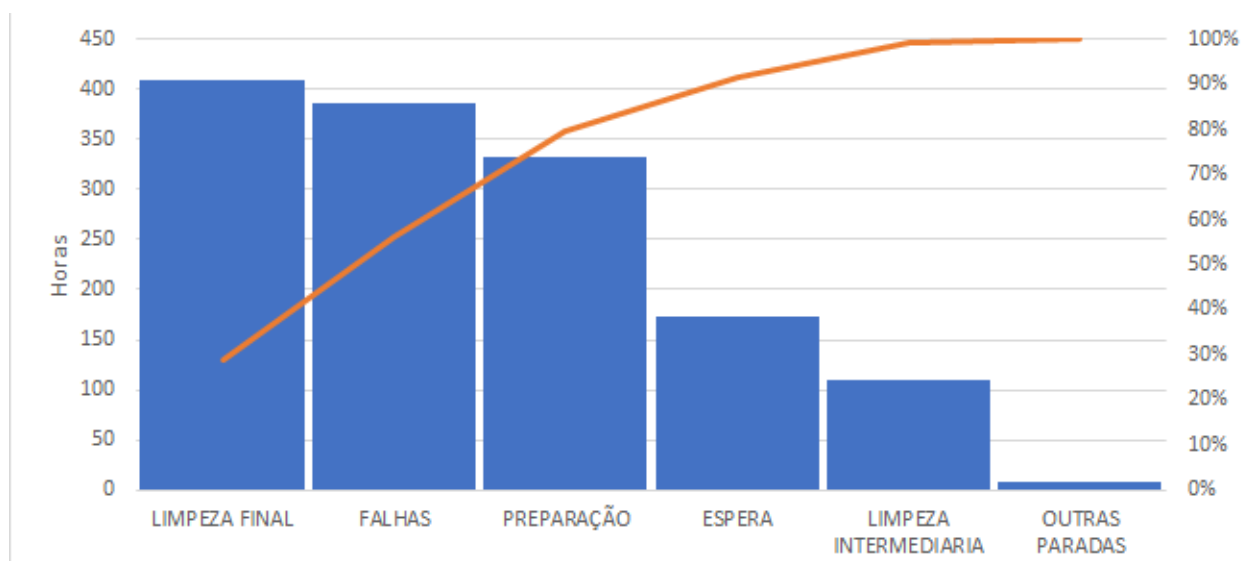
4.4 Fase Analisar

Com base nas informações apresentadas na seção 4.3, pode-se identificar os desperdícios associados a cada etapa. Para tanto, primeiramente, foram realizadas análises complementares com objetivo de avaliar detalhadamente alguns desperdícios específicos: análise de disponibilidade das máquinas de envase (desperdício de espera, relativo às paradas de produção) e análise de qualidade (desperdício por defeitos).

4.4.1 Análise de disponibilidade

Esta etapa objetivou reunir as informações registradas pelos operadores de produção durante o período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021 com relação às paradas dos equipamentos. Assim, foi construída uma base de dados que apresenta os tipos de paradas, o número de ocorrências, a quantidade de horas perdidas para cada tipo, entre outras. Essas informações foram compiladas e ordenadas da maior para a menor intensidade de ocorrência, e desta forma pode-se gerar os gráficos de Pareto associados, de forma a melhor interpretar os resultados e priorizar os eventos.

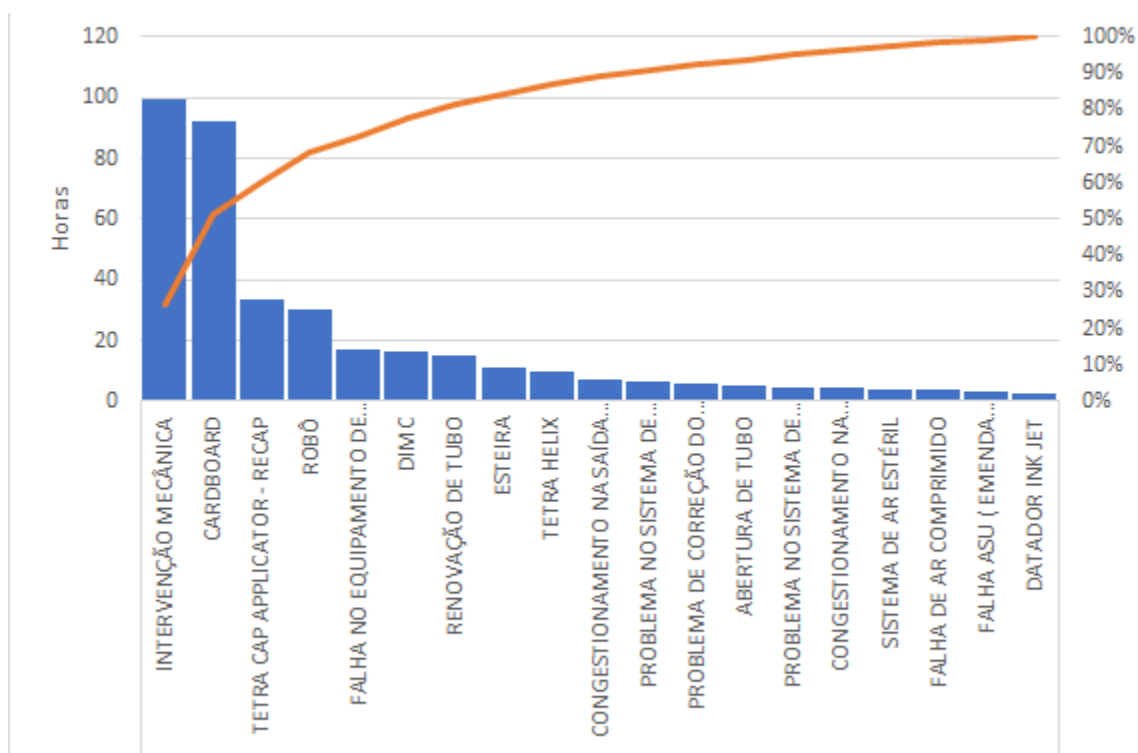
Gráfico 1 - Horas paradas acumuladas conforme tipos de paradas



Fonte: Autora.

Analisando o Gráfico 1, observa-se que as falhas no processo representam quase 387 horas de paradas no período avaliado, representando cerca de 28 % dos impactos sobre paradas. Sendo essas falhas oriundas de diversas fontes, torna-se importante realizar a estratificação desse tipo de parada, a fim de identificar melhor os motivos de cada uma. O Gráfico 2 apresenta a descrição das principais falhas levantadas com relação à quantidade de horas gastas e o Gráfico 3 o número de ocorrências de cada falha.

Gráfico 2 - Horas paradas acumuladas conforme tipos de falhas

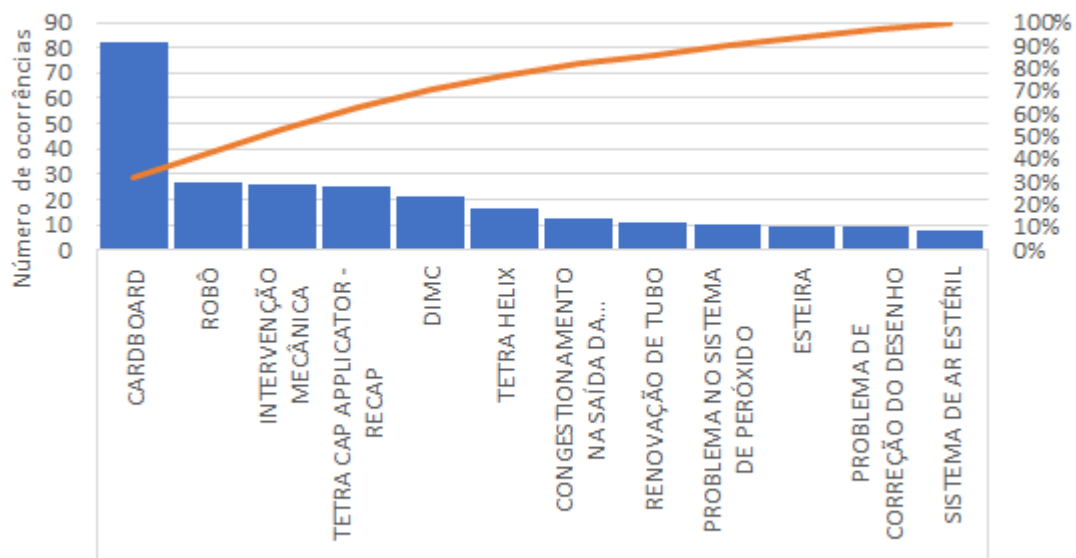


Fonte: Autora.

Observando o Gráfico 2, pode-se constatar que as principais causas das falhas do processo se referem a problemas intitulados como "intervenção mecânica", representando 27 %, e problemas na máquina de embalagem secundária (*Cardboard*), com 25 %. As falhas seguintes contribuem de maneira menos expressiva, caindo para 8 % cada uma, sendo elas a máquina de colocação da tampa de rosca (*Tetra Cap Applicator*) e o robô de paletização.

Com relação às “intervenções mecânicas”, estas se referem a qualquer tipo de problema nas máquinas de envase, podendo ser o sistema de ar estéril, DIMC, problemas no sistema de peróxido etc. Visto que essas classificações já são consideradas individualmente na lista dos motivos das falhas, a classificação “intervenção mecânica” torna-se pouco útil e dificulta a compreensão dos problemas na linha. Além disso, quanto ao registro das paradas, não está claro entre os operadores em que situações eles indicam “intervenção mecânica” ou especificam o problema em particular.

Gráfico 3 - Número de ocorrências de paradas acumuladas conforme tipos de falhas



Fonte: Autora.

Com relação ao número de ocorrências de cada falha, apresentadas no Gráfico 3, observa-se que as principais causas permanecem as mesmas citadas com relação ao número de horas gastas, se diferenciando apenas pela ordem. As paradas devido a *Cardboard* são as falhas mais expressivas, ocorrendo 82 vezes no período avaliado, o equivalente a uma média de 27 vezes ao mês.

Retornando às informações do Gráfico 1, outras inferências podem ser feitas com relação aos demais tipos de paradas. A partir disso, pode-se também analisar as

informações do Quadro 2, que apresenta as médias de tempo gasto diariamente por máquina, com relação às principais paradas.

Quadro 2 - Médias diárias por máquina das principais paradas

Parada	Média diária por máquina (minutos)
CIP final	132,2
Preparação/aguardando esterilizador/pasteurizador	86,5
Aguardando VTIS	55,5
CIP intermediário	35,5
Intervenção mecânica	32,0
<i>Cardboard</i>	29,7
Mudança de produto/silo	20,7
<i>Tetra cap applicator - recap</i>	10,8
Robô	9,8
DIMC	5,3
Renovação de tubo	4,9
Esteira	3,7
<i>Tetra helix</i>	3,3

Fonte: Autora.

O Gráfico 1 indica que o maior tipo de parada se refere a limpeza CIP, que deve ocorrer ao final do ciclo de produção de no máximo 24 h. Essa parada produtiva, portanto, é considerada como prevista, devendo ocorrer dentro da duração média de 5 h por ciclo. Neste caso, considerando que o CIP ocorre, em média, uma vez a cada dois dias, tem-se uma média de 132 min diários gastos com essa atividade (ou 4,4 h por ciclo), o que representa um resultado positivo para a operação.

A preparação do equipamento - o terceiro maior tipo de parada - se refere ao tempo utilizado para programar a máquina, ajustar as válvulas, posicionar as bobinas, entre outros preparativos, antes de iniciar o envase. No período avaliado, essa atividade durou, em média, 86,5 min por dia de produção (Quadro 2), o que representa um desvio de 30 %, considerando que o tempo esperado para esta atividade seria de 60 min.

Ainda analisando o Quadro 2, tem-se a parada descrita como “Mudança de produto/silo”, que se refere à quando, em uma mesma produção, mais de um produto é produzido. Essa parada se encaixa na categoria “Preparação”, indicada no Gráfico 1, e possui uma média diária de 20,7 min. Considerando que para esta atividade é esperado um tempo entre 20 e 25 min, pode-se concluir que não estão ocorrendo desperdícios de espera.

Já o quarto maior grupo de paradas (“Espera”) se refere a atrasos nas etapas anteriores. Isso significa que a máquina de envase já está pronta para iniciar a operação, mas devido a problemas na formulação, pasteurização ou esterilização, ela fica “em espera”, não podendo ser operada. Essa é uma situação que não é considerada como falha da máquina, mas também não está prevista para acontecer. Neste caso, considera-se também como uma perda de tempo de produção, gastando-se, em média, 55 min por dia com esse problema.

4.4.2 Análise de qualidade

Esta etapa teve por objetivo analisar o desperdício por defeitos, ou seja, o quanto do total de produtos acabados produzidos não obtiveram liberação pela Garantia da Qualidade por apresentar alguma não conformidade. Para tanto, foi considerado o mesmo período avaliado anteriormente (dezembro de 2020 a fevereiro de 2021). O Quadro 3 apresenta o total de produtos refugados por máquina neste período.

Quadro 3 - Porcentagem de produtos refugados por máquina

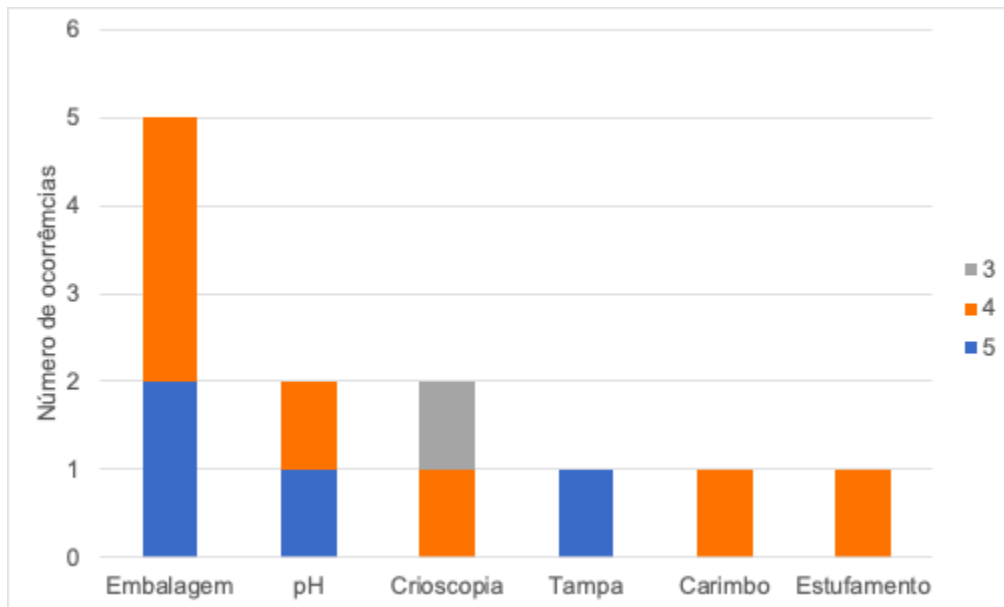
Máquina	Litros refugados (%)
3	0,07
4	0,33
5	0,04
Total Geral	0,14

Fonte: Autora.

Analisando a tabela, pode-se observar que a quantidade de produtos defeituosos produzidos pelas três máquinas é muito baixa: nos três meses de produção avaliados, apenas 0,14 % dos produtos não estavam conformes, o equivalente a uma média mensal de 0,046 %. No entanto, a situação da máquina 4 chama bastante a atenção, considerando que esta produziu, aproximadamente, de 5 e 8 vezes mais produtos defeituosos que as máquinas 3 e 5, respectivamente.

Com relação aos motivos de cada refugo, o Gráfico 4 apresenta os seis problemas que ocorreram no período avaliado. Defeitos nas embalagens representam o principal motivo dos refugos, o equivalente a 42 %, seguido por desvios de pH e crioscopia. Fica claro, também, que os motivos das produções refugadas da máquina 4 são diversificados, e não concentrados em uma só categoria.

Gráfico 4 - Causas dos refugos de qualidade por máquina



Fonte: Autora.

4.4.3 Análise do Takt time

Conforme apresentado na seção 2.3.1, o ritmo de produção compreende duas variáveis: o tempo disponível e a demanda. Neste caso, vale lembrar que a unidade estudada funciona de maneira ininterrupta, apenas com uma pausa contínua de 27,5 h em uma semana completa, e que a unidade possui uma demanda média mensal de 5.330.000 L, referente aos produtos oriundos das máquinas EDGEs.

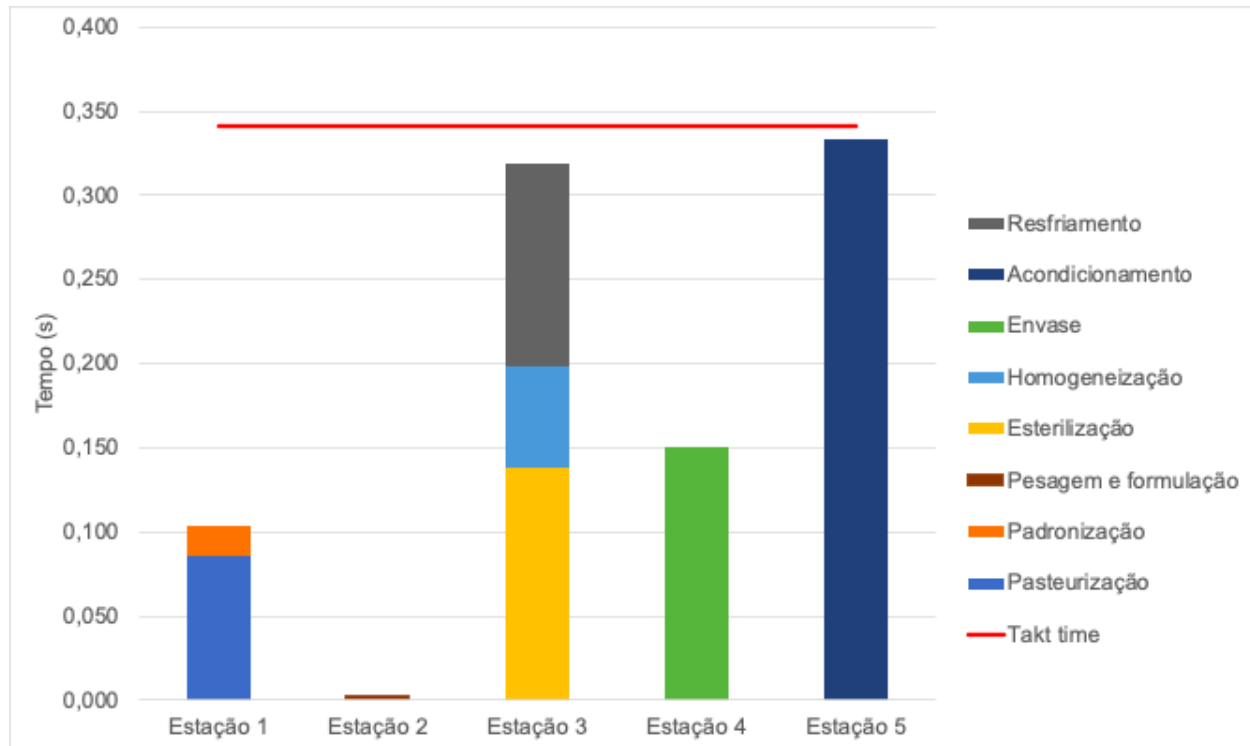
Considerando um mês de 30 dias (4 semanas), com 27,5 h de pausa por semana, tem-se 610 horas de produção. Descontando os tempos de limpeza CIP (5 h por ciclo, com cerca de 21 ciclos por mês), tem-se 505 h (1.818.000 s) efetivamente disponíveis para a produção. Assim, o cálculo é realizado através da Equação 2:

$$Takt\ time = 1.818.000\ s / 5.330.000 = 0,34\ s\ (2)$$

O *Takt time* mostra que para atender a demanda dos clientes, dentro do tempo de trabalho disponível, a fábrica precisa obter a cada 0,34 s um produto acabado. O Gráfico 5 representa o tempo de ciclo atual de cada etapa do processo e o comparativo

com o *Takt time*. Ressalta-se que as etapas foram divididas considerando as operações que ocorrem de maneira contínua e que logo são realizadas em uma mesma estação de trabalho.

Gráfico 5 - Tempo de ciclo e *Takt time* da linha de produção de leite UHT



Fonte: Autora.

Quando o tempo de ciclo (TC) é menor que o *Takt time*, isso pode significar excesso de produção (desperdício de superprodução), processo superdimensionado, ou ociosidade; quando o tempo de ciclo é maior que o *Takt time*, isso significa que o processo não é suficiente para atender à demanda, o que pode resultar em horas extras, taxas de frete aceleradas, perda de vendas, pedidos em atraso e, em algum ponto, perda de clientes. A fim de mitigar este desequilíbrio, as empresas acabam recorrendo à criação de estoques de segurança. O estado teórico ideal seria um *Takt time* e um tempo de ciclo quase correspondentes, sendo o tempo de ciclo com uma diferença inferior prevista para recuperar o tempo perdido em falhas de maquinário, refugos, entre outros possíveis problemas.

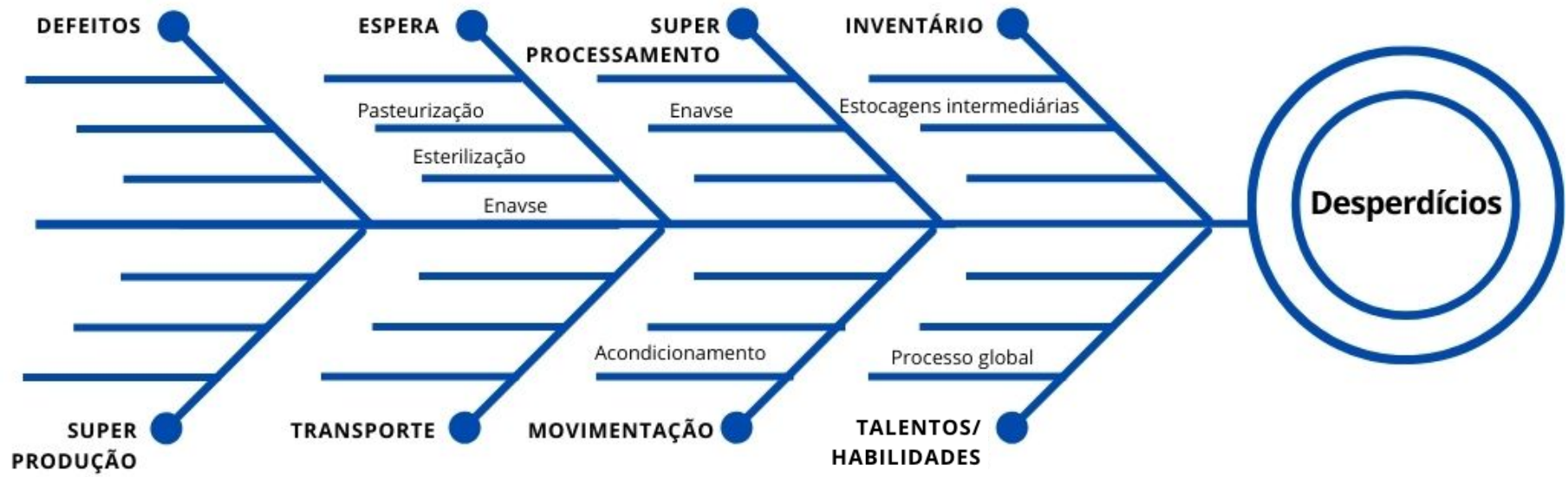
A partir dessas considerações, e analisando o Gráfico 5, pode-se observar que todas as operações possuem tempos de ciclo inferiores ao *Takt time*, evidenciando que a unidade possui tempo hábil efetivo para a produção demandada. Vale lembrar que este gráfico representa o ritmo de produção teórico, sem considerar problemas ao longo da linha de produção.

Com isso, pode-se observar que a última etapa do processo (acondicionamento) é a mais lenta e está muito próxima do *Takt time*. Isso significa que esta etapa em si não poderia sofrer atrasos ou falhas de processo. Considerando ainda às observações da seção 4.4.1 – na qual foi evidenciado que ocorrem frequentes falhas nos equipamentos envolvidos nas etapas de envase e acondicionamento (*Cardboard* e Robô de paletização) - fica claro que a produção é limitada à capacidade e/ou velocidade desta etapa, o que a caracteriza como um gargalo de produção. Assim, para aumentar a produtividade e a capacidade produtiva da indústria, é necessário reduzir ou eliminar os gargalos que estão impondo restrições na produção.

4.4.4 Análise dos processos

A partir da análise do MFV do estado atual e dos demais levantamentos realizados, pode-se identificar os desperdícios associados a cada etapa. A linha de produção em estudo possui cinco tipos de desperdícios dos listados na literatura, sendo eles: espera, superprocessamento, inventário, movimentação e talentos/habilidades. A Figura 7 apresenta um resumo dos desperdícios encontrados - sob a forma de um diagrama de Ishikawa - que são apresentados em detalhes na seção 4.5.

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa dos desperdícios identificados no processo



Além dos desperdícios, é válido ainda destacar alguns pontos fortes do processo: a empresa possui um sistema eficiente de PCP, considerando um modelo de demanda puxado, que evita a geração de grandes inventários de produto acabado, e estoques de segurança de materiais muito bem controlados; a limpeza CIP funciona como o esperado, respeitando os tempos previstos e não impactando negativamente o andamento da produção; apesar de existirem melhorias a serem feitas para diminuir o índice de refugos, estes são muito baixos e localizados, não se apresentando como um problema sistêmico da linha.

4.5 Fase Melhorar

A partir das análises realizadas na etapa precedente, os desperdícios e as suas respectivas etapas foram estudados separadamente com intuito de possibilitar a proposição de melhorias.

4.5.1 Desperdícios de espera

Com relação à análise de disponibilidade, conforme visto na seção 4.4.1, as paradas das máquinas de envase - incluindo falhas no processo e tempos de espera mas excluindo os tempos de limpeza - representam um total de 898,78 h. Tendo que este seria um período previsto para a produção, pode-se estimar a quantidade de litros não produzidos, e por consequência, o quanto a empresa está deixando de vender. Desta forma, considerando os dados operacionais das máquinas EDGEs citados em 4.3.2, e que no período de três meses avaliados estavam previstas 3171 h de produção para as três máquinas, pode-se concluir que houve um total de 3.385.067 L não produzidos. O Quadro 4 resume as informações utilizadas nos cálculos.

Quadro 4 - Informações para o cálculo de litros não produzidos

Valor	Unidade medida
8000	L/h
24	horas por produção
15%	tempo previsto para paradas
3171	horas disponíveis para produção no período avaliado
475,65	horas previstas para paradas
898,78	horas paradas totais
423,13	horas perdidas
359,66	horas perdidas a 85%
3385067	litros perdidos
376118,5	litros perdidos (média mensal por máquina)

Fonte: Autora.

Em se tratando de paradas de equipamentos do tipo "falha", o *Lean Manufacturing* prevê a metodologia TPM para aumentar a produtividade e reduzir custos de manutenção. Baseado no seu primeiro pilar (manutenção autônoma), propõe-se que os líderes das equipes de produção e manutenção da unidade realizem a capacitação dos operadores envolvidos no processo, de forma a estarem aptos para performar pequenos reparos e ajustes, que vão desde limpeza e lubrificação até ajustes e regulagens de máquina mais específicos.

Este ponto visa a conscientização e a interação entre as áreas, bem como os cuidados nas intervenções das máquinas e a diminuição/eliminação das paradas das mesmas. Esta proposta, se implantada, gerará impacto positivo sobre todas as indisponibilidades de manutenção, em especial sobre o equipamento de embalagens secundárias (*Cardboard*), o qual representa o maior estrato de indisponibilidades na unidade de estudo.

Além disso, em termos de manutenção planejada (segundo pilar do TPM), sugere-se a atualização dos planos de manutenção (PMP) dos equipamentos que compõem as principais falhas levantadas (*Cardboard*, robô de paletização e *tetra capper*). Pode-se, assim, realizar a comparação da frequência das manutenções preventivas atuais com o sugerido no manual do fornecedor do equipamento e, se necessário, considerar adequações. Sugere-se, também, a criação de planos de inspeção de rota e lubrificação, conforme o levantamento existente das falhas mais frequentes.

Por outro lado, as paradas de equipamentos do tipo “espera” se referem a atrasos nas etapas precedentes, particularmente na pasteurização e na esterilização. Para este caso, seria necessária uma investigação mais aprofundada, a fim de identificar as causas mais frequentes e implementar ações para minimizá-las. Assim, conhecendo essas causas, o planejamento da produção poderia ser estruturado de forma a evitá-las. Nesse sentido, sugere-se a implementação de análises oriundas de ferramentas da qualidade (5 porquês, Diagrama de Ishikawa, 5W2H).

4.5.2 Desperdícios de superprocessamento

O desperdício de superprocessamento foi identificado no âmbito da coleta e tratamento de dados e gestão da informação. Apesar desses pontos não influenciarem diretamente na produção do leite UHT, eles podem permitir um maior conhecimento do processo e possibilitar intervenções pertinentes quanto a projetos futuros de melhoria contínua.

Com relação aos motivos de cada parada (seção 4.4.1), os operadores registram as ocorrências conforme lista de motivos possíveis e seus respectivos códigos. Porém, o registro é feito sem considerar especificidades do ocorrido. Por exemplo, sabe-se que as paradas na *Cardboard* podem ser devido a problemas na cola, na velocidade da esteira, na formação da caixa, etc., mas essas causas não são registradas pelos operadores e, portanto, não é possível avaliá-las nem contabilizá-las.

Além disso, o tipo de falha de máquina chamado de “intervenção mecânica” é considerado como uma classificação pouco útil, já que engloba vários outros tipos de falhas, sem especificá-las. Este é um ponto que dificulta a verdadeira compreensão dos problemas na linha, sobretudo porque não está claro entre os operadores em que situações eles indicam uma “intervenção mecânica” ou identificam o problema em particular.

Para esses dois tipos de situação acima descritos, o *Lean Manufacturing* considera importante a padronização dos processos. Essa padronização auxiliaria diretamente na compreensão dos problemas do processo, e por consequência na identificação de soluções. Desta forma, sugere-se a atualização dos formulários de registros de paradas e treinamento dos operadores quanto a descrição mais específica dos problemas ocorridos.

Outro ponto interessante a ser destacado é a falta de monitoramento de indicadores chave do processo. Apesar dos dados de perdas produtivas (paradas de máquina e refugos de produção) serem documentados e estarem disponíveis para consulta, essas informações encontram-se desconexas, não sendo realizada uma avaliação sistêmica desses parâmetros. É válido ressaltar que o acompanhamento de indicadores ao longo do tempo é a base para melhorar o desempenho de linhas de produção e a qualidade do processo.

Neste contexto, uma das ferramentas mais utilizadas no *Lean Manufacturing* é o indicador OEE, que determina a eficiência global do processo, considerando os parâmetros de disponibilidade (tempo de produção versus tempo de paradas), performance (produção programada versus realizada) e qualidade (produção realizada versus refugada). Desta forma, para a implementação deste indicador, sugere-se a compilação e a manutenção das informações acima descritas de forma mais prática e sistêmica.

4.5.3 Desperdícios de inventário

O MFV do estado atual deixa claro que os tempos de estocagem de matéria-prima (leite cru) e de produto em processo (leite pasteurizado) são muito longos e impactam o *Lead Time* de maneira expressiva (8 e 13% respectivamente). Para a produção de leite UHT, possuir grandes quantidades de inventário de matéria-prima não gera benefícios ao processo e por consequência não agrega valor ao cliente. Esse fato faz o produto final perder em qualidade - devido principalmente às alterações microbiológicas que ocorrem no leite estocado por longos períodos - e propicia o risco de perda de produto, caso o mesmo venha a ultrapassar o tempo máximo de estocagem.

Conforme salientado na seção 4.4.4, um dos pontos fortes da empresa é a gestão eficiente do PCP, considerando um modelo puxado de produção. Entretanto, este não é um sistema aplicado ao longo de toda a cadeia produtiva nas indústrias de laticínios, devido à alta complexidade de gerenciamento da produção animal nas fazendas em função das disponibilidades de processamento das indústrias.

Em um cenário ideal, a melhoria a ser implementada se refere à gestão integrada entre os setores de captação de leite, PCP e PD, com o intuito de gerenciar as compras de matéria-prima em função da demanda de produto final. Neste caso, o leite seria recebido na unidade conforme os planejamentos mensais e trimestrais de produção, respeitando as datas e as quantidades previstas.

Para o cenário atual, sugere-se um maior controle da logística de recebimento de leite: planejar os horários de saída e chegada de cada caminhão e sua respectiva rota do dia. Pode-se programar as chegadas em intervalos diferentes, de forma a evitar filas, controlando a rota através do monitoramento por GPS, por exemplo.

Desta forma, o leite passaria a chegar na fábrica em horários controlados, de modo que a produção possa estar o mais previamente organizada possível, em se tratando da preparação de equipamentos, linhas produtivas e mão de obra. Acredita-se que assim os tempos de estocagem de matéria-prima e produto em processo podem ser reduzidos em cerca de 30% (BENINI, 2019). Essa iniciativa, portanto, contribuiria em

termos de valor agregado ao cliente e de sustentabilidade, considerando a diminuição de perdas de produto e redução de custos energéticos (armazenamento de produto em processo a baixas temperaturas).

4.5.4 *Desperdício de movimentação*

A etapa de rotulagem e acondicionamento conta com dois operadores: um deles é responsável pela finalização do palete (colocação de etiquetas e cantoneiras) e o outro por conduzir a empilhadeira que deve movimentar os paletes até a esteira automática, onde o mesmo é primeiramente embalado em filme *stretch* e em seguida encaminhado até o depósito de produtos acabados. Isso representa um deslocamento muito curto (de aproximadamente 15 m), que envolve maquinário e mão de obra. Sob o ponto de vista do *Lean Manufacturing*, esta é uma atividade que não agrega nenhum tipo de valor ao produto e ainda possui custos associados; deslocamentos desnecessários ou excessivos são caracterizados como um desperdício por movimentação.

Para eliminar este desperdício, sugere-se a automatização do processo através da instalação de esteiras interligadas. Isso significaria fazer a ampliação da esteira já existente, conectando-a com o ponto final da paletização. Desta forma, após ser finalizado pelo primeiro operador, o palete é diretamente conduzido pela extensão da esteira e já é encaminhado para o depósito de produtos acabados.

Essa intervenção proporcionaria maior agilidade no processo, realocação de mão de obra (operador de empilhadeira) e ainda contribuiria com a manutenção da limpeza da área e com a diminuição de risco de acidentes, considerando que os impactos negativos do constante trânsito de empilhadeiras no local.

4.5.5 *Desperdício de talentos/habilidades*

Após a análise dos desperdícios mencionados acima, foi possível perceber que muitos dos pontos de melhoria sugeridos podem ser facilmente implementados na rotina da produção. Sabe-se que a equipe da administração da produção conta atualmente com

pessoas responsáveis pela gestão da produção (supervisores e técnicos), pelo planejamento da produção (analista de PCP) e pela gestão de documentos e registros (assistente administrativo). Neste cenário, não existe nenhuma pessoa responsável pela análise crítica dos processos produtivos e por conduzir projetos de melhoria contínua.

Nesse sentido, considerando o custo benefício do investimento, entende-se que a alocação ou contratação de um colaborador para desempenhar esta função seria uma iniciativa que proporcionaria um ótimo retorno para a organização. Esta seria uma função chave para a integração entre as áreas de produção, manutenção e qualidade, construindo assim uma equipe de melhoria contínua, responsável por projetos relacionados a redução de perdas, aumento da produtividade e implementação da filosofia *Lean* dentro da empresa.

4.5.6 Mapa do estado futuro

O Quadro 5 mostra o resumo das sugestões da filosofia *Lean Manufacturing* para redução ou eliminação desses desperdícios.

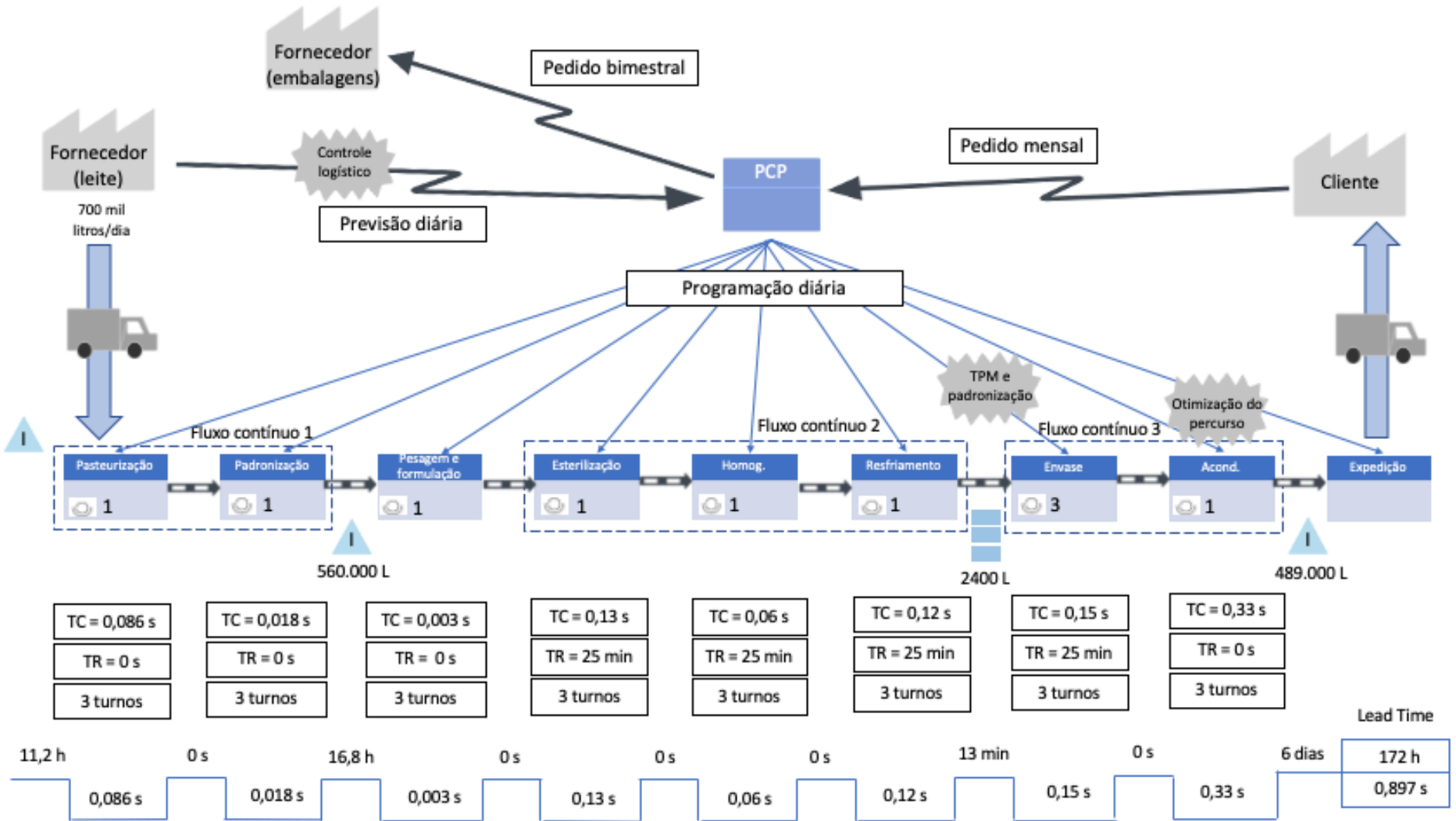
Quadro 5 - Resumo das sugestões para redução/eliminação dos desperdícios

Etapa	Desperdício	Sugestão <i>Lean</i>
Pasteurização	Espera - atrasos na produção	Análises e plano de ação com ferramentas da qualidade
Estocagem intermediária	Inventário - matéria-prima estocadas em altos volumes e por longos períodos	Controle logístico na recepção de matéria-prima
Esterilização	Espera - atrasos na produção	Análises e plano de ação com ferramentas da qualidade
Envase	Espera - falhas na linha de produção	TPM
Envase	Superprocessamento - registros e tratamento de dados ineficiente	Padronização (dados, registros e indicadores)
Acondicionamento	Movimentação - deslocamento curto exigindo maquinário e mão de obra	Otimização de percurso (esteiras)
Processo global	Talentos/habilidades - falta de um responsável pela análise de processos	Equipe de melhoria contínua

Fonte: Autora.

O MFV do estado futuro representa como a produção de leites UHT estaria se as propostas de melhoria apresentadas fossem implementadas. A Figura 8 apresenta o MFV futuro.

Figura 8 - Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro



Fonte: Autora (2021).

4.6 Fase Controlar

Conforme dito anteriormente, devido às restrições de tempo do estudo, a etapa “Controlar” do DMAIC para o plano de melhoria sugerido se caracteriza como perspectivas futuras resultantes deste trabalho. Se implementadas as melhorias propostas, esta fase implica no monitoramento das alterações realizadas, da constante avaliação dos resultados obtidos e de novas determinações de metas a serem atingidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar uma linha de produção de leite UHT de uma indústria de laticínios e, a partir disso, propor melhorias por meio da aplicação dos conceitos e ferramentas do *Lean Manufacturing*. Partindo deste propósito, foi possível elaborar um Mapa do Fluxo de Valor do processo estudado, identificar os desperdícios presentes em cada etapa e sugerir ações a fim de eliminar as fontes dos desperdícios.

Os desperdícios encontrados nas diferentes etapas se enquadram nas categorias de espera, superprocessamento, inventário, movimentação e talentos/habilidades. A implementação das mudanças sugeridas pode trazer benefícios para a unidade estudada em termos aumento da produtividade das linhas de envase, economia de recursos e mão de obra na etapa de acondicionamento, redução dos atrasos nas etapas precedentes ao envase e aumento do valor agregado ao cliente, por meio da redução dos tempos de estocagem. Todos os desperdícios podem ser tratados de maneira mais eficiente através da valorização da mão de obra existente e com a formação de uma equipe de melhoria contínua.

A principal limitação encontrada neste estudo se refere ao curto tempo disponível para realizá-lo, considerando como necessário uma preparação prévia quanto ao entendimento da metodologia *Lean* e a aplicação dos seus conceitos e ferramentas. Outro aspecto relevante, considerado como limitante, foi a coleta de dados e execução das análises, tendo em vista a falta de precisão de alguns registros de produção e a desconexão de algumas informações relevantes.

Este trabalho tratou-se de um estudo de caso aplicado, buscando resolver um problema concreto e de aplicação prática, objetivando gerar melhores resultados para a unidade de estudo. Assim, acredita-se que os resultados apresentados podem colaborar para profissionais do setor de alimentos que buscam, da mesma forma, introduzir a filosofia do *Lean Manufacturing* nas suas empresas.

Ressalta-se que, para obter sucesso no desenvolvimento do sistema de produção enxuta, é necessário ter uma grande conscientização de todos os colaboradores, desde operadores do chão de fábrica quanto da alta gerência. Trata-se, principalmente, de mudanças na maneira de enxergar os processos e da abertura para implementar novos formatos de trabalho.

Desta forma, em termos de continuidade do trabalho aqui iniciado, segue como proposta a implementação das ferramentas e sugestões de melhorias, bem como o acompanhamento de seus desempenhos. Estudos mais aprofundados, como a cronoanálise completa do processo, estratégias para a implementação efetiva do TPM e análise crítica do processo em termos de sustentabilidade - otimização de recursos energéticos e da matéria-prima em processo - também são recomendados.

Apesar de ser uma aplicação complexa, demorada e com necessidade de investimento, a simples introdução dos conceitos e da filosofia *Lean* no ambiente industrial já é capaz de proporcionar resultados relevantes para a organização. Sendo assim, espera-se que este trabalho represente o passo inicial para que a empresa estudada alcance elevados padrões de performance operacional e que, no futuro, possa conquistar a cultura da melhoria contínua em todos os seus níveis e setores.

REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, F.; RAJGOPAL, J. - Analyzing the benefits of Lean Manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, p. 223-236, 2007.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia**: um guia para a iniciação científica. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BENINI, L.; BONOTO, A. F.. ANÁLISE DO FLUXO DE VALOR DA PRODUÇÃO DE IOGURTE EM UMA EMPRESA DE LATICÍNIOS NA ZONA DA MATA/MG. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 5, p. 357-366, 2019.

CLARITY Visual Management. **TPM - Total Preventative Maintenance**. 2021. Disponível em: <https://www.clarityvisualmanagement.com/technique/tpm-total-preventative-maintenance/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

COMO a cultura Lean pode ajudar a indústria de alimentos a ser mais competitiva. Duas Rodas. 2020. Disponível em: <https://www.duasrodas.com/blog/estrategia/como-a-cultura-lean-pode-ajudar-a-industria-de-alimentos-a-ser-mais-competitiva/>. Acesso em: 25 fev. 2021.

COUTINHO, Thiago. **Aprenda quais são os 8 desperdícios do Lean Manufacturing!**. Voitto. 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean>. Acesso em: 17 fev. 2021.

COUTINHO, Thiago. **Melhoria contínua**. Voitto. 2021. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/melhoria-continua>. Acesso em: 1 mar. 2021.

COUTINHO, Thiago. **O que é a ferramenta TPM (Manutenção Produtiva Total)?**. Voitto. 2017a. Disponível em: . Acesso em: 15 abr. 2021.

COUTINHO, Thiago. **O que é Kaizen?**. Voitto. 2017b. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-kaizen>. Acesso em: 1 mar. 2021.

DINIZ, Morgana Maia Couto. **Controle estatístico do processo na produção de leite UHT**. Trabalho de Disciplina (Engenharia de Produção) - Universidade de Rio Verde. Rio Verde, 2017. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/CONTROLE%20ESTAT%20O%20DO%20PROCESSO%20NA%20PRODU%20DE%20LEITE%20UHT.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2021.

GALAN, Valter. **Leite UHT: a necessidade de diferenciar para ter resultado positivo**. MilkPoint. 2014. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e->

mercado/panorama-mercado/leite-ugt-a-necessidade-de-diferenciar-para-ter-resultado-positivo-90351n.aspx?r=173674983. Acesso em: 18 fev. 2021.

GARZA-REYES, Jose Arturo *et al.* A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p. 335-348, 10 Abr. 2018.

GARZA-REYES, Jose Arturo. Lean and green – a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 18-29, 1 Setembro 2015.

GASTL, Carlos Eduardo. **Proposta de melhorias no processo produtivo de uma indústria alimentícia do paraná através do acompanhamento do indicador de eficiência global OEE**. Ponta Grossa, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produ o) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KAWANO, Bruno Rogora. **Otimiza o na Indústria de Laticínios: oportunidades de eficiência energética e econ mica**. Campinas, 2013. Disserta o (Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas.

LACHANCE, Emilie A.. **Lean Manufacturing in the Food Industry**. Worximity. 2018. Disponível em: https://blog.worximity.com/en/industry-4_0/lean-manufacturing-in-the-food-industry#:~:text=By%20analyzing%20the%20Value%20Stream,decrease%20waste%20and%20increase%20efficiency. Acesso em: 23 fev. 2021.

LOZADA, Paula. **Kaizen: significado e como funciona na prática**. 2020. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/kaizen-significado-e-como-funciona-na-pratica/>. Acesso em: 1 mar. 2021.

MENDES, Guilherme. **Lean aplicado   indústria de alimentos**. 2019. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/lean-aplicado-a-industria-de-alimentos/>. Acesso em: 25 fev. 2021.

REVERSCORE. **Principles of Lean Manufacturing to simplify and scale**. 2019. Disponível em: <https://reverscore.com/principles-of-lean-manufacturing/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

REVERSCORE. **Value Stream Mapping: definition, steps & examples**. 2020. Disponível em: <https://reverscore.com/value-stream-mapping-definition/>. Acesso em: 3 mar. 2021.

ROMERO, L.F.; ARCE, A.. Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review. **IFAC-PapersOnLine**, v. 50, p. 1075-1086, 1 Julho 2017.

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

SANTOS, L. C. *et al.* Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. João Pessoa, 2017. **Produção online**: revista científica eletrônica de Engenharia de Produção, João Pessoa, v. 17, n.1, 2017. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2403> Acesso em: 3 mar. 2021.

SANTOS, Virgílio F. M. dos. **Lean Manufacturing**: o que é e como funciona?. 2016a. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/o-que-e-lean-manufacturing/>. Acesso em: 2 fev. 2021.

SANTOS, Virgílio F. M. dos. **O que é VSM? Quando utilizar essa ferramenta?**. 2016b. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/vsm-quando-utilizar-esta-ferramenta/>. Acesso em: 3 mar. 2021.

SANTOS, Virgílio F. M. dos. **Quais são os 7 desperdícios visuais do Lean Manufacturing?**. 2017. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/quais-sao-os-7-desperdicios-visuais-lean-manufacturing/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

SERVIN, L. SANTOS, C. GOHR, F. **Aplicação da Metodologia DMAIC para a redução de perdas por paradas não programadas em uma indústria Moageira de trigo**. Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_157_919_21144.pdf. Acesso em: 17 fev. 2021

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.

TECNICON SISTEMAS GERENCIAIS. **Takt Time**: como definir a velocidade da produção. Tecnicon Sistemas Gerenciais. 2019. Disponível em: https://www.tecnicon.com.br/blog/417-Takt_Time_como_definir_a_velocidade_da_producao. Acesso em: 19 fev. 2021.

TETRA PAK. **Tratamento UHT para alimentos e produtos lácteos**. 2021. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/processing/main-technology-area/uht-treatment>. Acesso em: 22 fev. 2021.

TETRA PAK, 60 Anos de Inovação. **Revista Laticínios**, p. 42-45, 2013. Disponível em: <http://revistalaticinios.com.br/wp-content/uploads/2013/01/42-45-60-anos-Tetra-Pak-99.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.

VINCE. **O que é OEE? Pra que serve? Por que medir o OEE?**. OEE. 2021. Disponível em: <https://www.oeec.com.br/o-que-e-oeec/>. Acesso em: 22 abr. 2021.