

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

PEDRO MARTHOS ALVES

APLICABILIDADE DO VSM NA IMPLEMENTAÇÃO DA  
FILOSOFIA LEAN WAREHOUSE EM UM ARMAZÉM DE  
AÇÚCAR

ITUIUTABA  
2022

PEDRO MARTHOS ALVES

APLICABILIDADE DO VSM NA IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA  
LEAN WAREHOUSE EM UM ARMAZÉM DE AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação da Faculdade de  
Administração, Ciências Contábeis,  
Engenharia de Produção e Serviço Social da  
Universidade Federal de Uberlândia, para  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia  
de Produção.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Lúcio Abimael  
Medrano Castillo

ITUIUTABA  
2022

# APLICABILIDADE DO VSM NA IMPLEMENTAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN WAREHOUSE EM UM ARMAZÉM DE AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação da Faculdade de  
Administração, Ciências Contábeis,  
Engenharia de Produção e Serviço Social da  
Universidade Federal de Uberlândia, para  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia  
de Produção.

Ituiutaba, 12 de agosto de 2022.  
Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo (orientador), UFU

---

Profa. Dra. Mara Rúbia da Silva Miranda, UFU

---

Profa. Dra. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa, UFU

Dedico este trabalho a minha família, amigos e professores que me ajudaram nesta realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar aqui em meio a tantas perdas no mundo todo nos últimos anos devido a pandemia.

Agradeço também aos meus pais, Marciano e Karina, que sempre me apoiaram e me deram forças para concluir meu curso de graduação com todo o suporte necessário.

Aos meus amigos de formação que me proporcionaram muitos momentos felizes, de companheirismo e muita ajuda nos estudos durante toda a graduação.

A Associação Atlética Acadêmica das Engenharias do Pontal, entidade fundamental que me desenvolveu como ser humano, formador de opinião, onde aprendi a tomar decisões, lidar com pessoas e trabalhar em time.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, que sempre esteve presente para me apoiar e me conduzir na realização deste estudo.

Por último, agradeço também a todo o corpo docente da Universidade Federal de Uberlândia pelo trabalho feito com muita capacidade e eficiência, sempre buscando passar o máximo de aprendizado em todas matérias.

*“A persistência é o caminho do êxito.”*

*Charles Chaplin*

## RESUMO

Nos dias de hoje, o mercado do setor de uma indústria sucroalcooleira vem a cada vez mais tornando-se mais competitivo e exigindo um alto padrão de qualidade dos produtos obtidos deste tipo de segmento industrial, fazendo com que as empresas estejam sempre buscando pela melhor qualidade e o mínimo de desperdícios nos seus fluxos produtivos. Alicerçado na filosofia *lean* e na melhoria contínua, o presente trabalho foi composto com o intuito de identificar as oportunidades de melhoria no processo produtivo de um armazém de açúcar em uma indústria sucroalcooleira e assim, propor melhorias para aumento da produtividade e redução dos desperdícios através da utilização da ferramenta *lean Value Stream Mapping* (VSM), que auxilia a enxergar o processo como um todo. Em sua execução, foi mapeado o fluxo produtivo do setor, desde o recebimento da matéria (açúcar) até o produto final (açúcar granel e açúcar envasado), assim foi possível conhecer o tempo de ciclo, *takt time*, disponibilidade de cada processo, afim de descobrir qual processo está interrompendo o ritmo de produção do setor e propor melhorias para aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios. O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com uma abordagem do problema do tipo qualitativa e quantitativa, com seu objetivo do tipo pesquisa descritiva e com seus procedimentos metodológicos baseado em um estudo de caso. A partir da aplicação e desenvolvimento da ferramenta VSM, foram realizadas propostas de melhoria através da implementação de técnicas *lean* como TPM; Gestão a Vista; *Andon*; *Kaizen*; A3 e *Poka Yoke*. Diante disto, obteve-se o mapa do estado futuro contendo as propostas citadas e o possível ganho da empresa no processo que atrapalhava o fluxo, apresentando uma redução de 25% do seu tempo de ciclo e 12% do lead time total do processo de carregamento de bags.

**Palavras-chave:** Mapeamento do Fluxo de Valor. Indústria Sucroalcooleira. Armazenagem e Expedição de Açúcar. Melhoria. Filosofia Lean

## ABSTRACT

Nowadays, the market of a sugar and ethanol industry is becoming more and more competitive and demanding a high standard of quality of the products obtained from this type of industrial segment, making companies always looking for the best quality. and minimal waste in your production flows. Based on lean philosophy and continuous improvement, the present work was composed in order to identify opportunities for improvement in the production process of a sugar warehouse in a sugar and ethanol industry. To achieve this goal, Value Stream Mapping was used, known as Value Stream Mapping (VSM). In its execution, the productive flow of the sector was mapped, from the receipt of the material (sugar) to the final product (bulk sugar and bottled sugar), so it was possible to know the cycle time, takt time, availability of each process, in order to discover which process is interrupting the sector's production rhythm and propose improvements to increase productivity and reduce waste. The present study is characterized as applied research, with a qualitative and quantitative approach to the problem, with its objective of a descriptive research type and with its methodological procedures based on a case study. From the application and development of the VSM tool, improvement proposals were made through the implementation of lean techniques such as TPM; Visual Management; Andon; Kaizen; A3 and Poka Yoke. In view of this, the future state map was obtained containing the proposals mentioned and the possible gain of the company in the process that disturbed the flow, presenting a reduction of 25% of its cycle time and 12% of the total lead time of the process.

**Keywords:** Value Stream Mapping. Sugar and Alcohol Industry. Sugar Storage and Shipping. Improvement. Lean Philosophy.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Os princípios-chaves do <i>Lean Thinking</i>	17
Figura 2	Casa do sistema Toyota de produção	20
Figura 3	Figuras e ícones utilizados no VSM	24
Figura 4	Processo geral de uma planta industrial do setor sucroalcooleiro	27
Figura 5	Processo geral de um armazém de açúcar do setor sucroalcooleiro	29
Figura 6	Fluxograma industrial para produção de açúcar e etanol	34
Figura 7	Diagrama de Ishikawa para as dificuldades do setor sucroalcooleiro	36
Figura 8	Fluxograma de armazenagem e expedição de açúcar	37
Figura 9	Mapeamento do estado atual do fluxo de valor	58
Figura 10	Mapeamento do estado futuro do fluxo de valor	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Medidas tempo de ciclo de um carregamento granel	41
Tabela 2	Medidas tempo de ciclo envase	44
Tabela 3	Medidas tempo de ciclo para empilhar três bags	47
Tabela 4	Medidas tempo de ciclo de um carregamento por bag	51
Tabela 5	Demanda diária carregamento granel	53
Tabela 6	<i>Takt Time</i> carregamento granel	54
Tabela 7	Demanda diária carregamento bag	55
Tabela 8	<i>Takt Time</i> carregamento bag	55

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FIFO	<i>First in First out</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
PCTS	Pagamento de Cana por Teor de Sacarose
PH	Potencial Hidrogênio
POP	Procedimento Operacional Padrão
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
SPSS	<i>Package for Social Sciences</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TC	Tempo de Ciclo
TPM	Manutenção Preventiva Total
TR	Tempo de Setup
VHP	<i>Very High Polarization</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1	LEAN MANUFACTURING	15
2.1.1	ANTECEDENTES HISTÓRICOS	15
2.1.2	PRINCÍPIOS	16
2.1.3	OS OITO DESPERDÍCIOS	18
2.1.4	ESTRUTURA - A CASA LEAN	19
2.1.5	FERRAMENTAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	21
2.1.6	VALUE STREAM MAPPING (VSM)	23
2.2	INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA	26
2.2.1	PROCESSO GENÉRICO DE UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA	27
2.2.2	ARMAZÉNS	28
2.3	MANUFATURA ENXUTA NA GESTÃO DE ARMAZÉNS	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>31</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	31
3.2	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	32
3.3	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	32
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	33
4.2	MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL	34
4.3	MAPA DO ESTADO ATUAL	39
4.3.1	CARREGAMENTO GRANEL	39
4.3.2	ENVASE	43
4.3.3	EMPILHAR BAGS	46
4.3.4	CARREGAMENTO BAG	49
4.3.5	TAKT TIME	52
4.3.5.1	TAKT TIME CARREGAMENTO GRANEL	53
4.3.5.2	TAKT TIME CARREGAMENTO BAG	54
4.3.6	DESENHO DO MAPA DO ESTADO ATUAL DO FLUXO DE VALOR	56
4.4	PROPOSTAS DE MELHORIA E MAPA DO ESTADO FUTURO	58
4.4.1	ESTABILIDADE	58
4.4.1.1	MÃO DE OBRA	58
4.4.1.2	MÁQUINA	58
4.4.1.3	MÉTODO	59
4.4.1.4	MATERIAL	59
4.4.2	HEIJUNKA	60
4.4.3	PADRONIZAÇÃO	60
4.4.3.1	ESPECIFICAÇÕES PADRÃO	60
4.4.4	JUST IN TIME	61
4.4.4.1	ZERO DEFEITOS	61
4.4.5	JIDOKA	62
4.4.5.1	MÁQUINAS (AUTOMAÇÃO)	62
4.4.5.2	QUALIDADE (POKA YOKE E ANDON)	62

4.4.6 MAPA DO ESTADO FUTURO	63
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>67</b>
5.1 CONCLUSÕES DO TRABALHO	67
5.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	67
5.3 TRABALHOS FUTUROS	68
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o cultivo e produção de alimentos nas áreas rurais ao comércio e consumo final da população, o setor agropecuário brasileiro segue sendo peça chave para o funcionamento da cadeia econômica nacional. Dentro deste setor, destaca-se o setor sucroalcooleiro, proveniente da agroindústria, responsável direto pela produção do açúcar, álcool e derivados da matéria-prima (cana-de-açúcar). Detém também, a responsabilidade da produção de energia, denominada setor sucroenergético como subdivisão (NEVES, et al., 2017).

Este setor, é de grande importância para a sociedade brasileira, devido a sua alta taxa de contribuição para a economia do país. O Brasil segue liderando o ranking do maior produtor de cana-de-açúcar e sempre se impõe frente as primeiras posições quando o quesito é exportação de açúcar e biocombustíveis (QUEIROZ, 2016).

Na safra 2020/21, o Brasil foi responsável pela produção de 654,5 milhões de toneladas de matéria processada, destinados à produção de 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol. No setor de exportação, o açúcar e o etanol ocupam papéis de destaque, em 2020 o setor teve uma participação brasileira de 9,9% (US\$9,9 bilhões), ficando na quarta colocação quando é analisada a representatividade do setor a nível nacional (NETO, et al., 2021).

Dessa forma, é de suma importância o desenvolvimento produtivo deste setor, através de otimizações dos processos industriais, alimentando a busca pela melhoria contínua, de forma a impactar a livre concorrência entre as empresas, sobrevivendo às mudanças e mantendo a competitividade no setor (SILVA, et al., 2018).

Neste contexto, tem-se a metodologia *Lean Warehouse*, que através de técnicas e ferramentas de otimização, permite gerir de forma eficiente os recursos de um setor de armazenagem e expedição, possibilitando a minimização dos desperdícios. O *Lean Warehouse* tem como base a filosofia Lean, pautada na eliminação de qualquer tipo de desperdício, podendo ser aplicada em inúmeros ambientes (MURO, 2019).

A organização a ser estudada é do setor sucroalcooleiro, uma joint venture entre duas potências multinacionais do mercado. Juntas, estão no mercado desde 2019, somando mais de 8 mil colaboradores diretos espalhados em 11 unidades no Brasil, a unidade focada no presente trabalho tem sede no triângulo mineiro em Minas Gerais.

Uma empresa da agroindústria, como uma usina de açúcar e álcool, é dividida em vários departamentos para direcionar as vastas demandas durante uma safra completa. Como principal divisão tem-se o setor agrícola (responsável pelo preparo e colheita da matéria-prima), o setor

administrativo (responsável pela burocracia administrativa) e por fim o setor estudado que é o industrial, responsável pelo processamento da matéria-prima até chegar nos produtos finais que são: açúcar, álcool e bagaço (biomassa). O setor industrial conta com subdivisões em sua planta de produção, que são basicamente: RPE (recebimento, preparo e extração da matéria), Utilidades (geração de energia e vapor da planta), Tratamento de Caldo (caldo da cana-de-açúcar é tratado para retirada das impurezas), Fábrica de Açúcar (onde o caldo tratado é processado até virar o açúcar), Destilaria e Fermentação (onde o caldo tratado é processado até virar o álcool) e por fim, a Armazenagem e Expedição de Açúcar que será o setor estudado neste trabalho.

A Armazenagem e Expedição de Açúcar é o setor final da cadeia produtiva da planta e de extrema importância, pois é neste departamento que é feito o envase, armazenagem e expedição de um dos produtos finais. Atualmente, há dificuldades no setor que geram desperdícios nos processos, como retrabalho, alto tempo de ciclo das operações, falta de organização e alto nível de estoque. Dessa forma, foi identificado a necessidade de realizar um estudo de análise e melhoria nos processos do setor.

O presente trabalho tem como principal objetivo, realizar uma proposta de implementação da filosofia *Lean Warehouse* no setor, eliminando os desperdícios, otimizando tempo, mão-de-obra e outros, melhorando as operações diárias no setor. A ferramenta *lean* que será utilizada para tal será o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), de forma a identificar os gargalos mais relevantes do processo produtivo do departamento.

Este trabalho será dividido em 5 principais seções, sendo a primeira a introdução, mostrada acima. A segunda sendo a fundamentação teórica, abordando o referencial teórico utilizado para o estudo. Na terceira seção se encontra a metodologia utilizada para a temática. A quarta seção contempla os resultados, com o estudo de caso e a proposta de melhoria encontrada. Por fim, a quinta seção, trazendo as considerações finais do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### ***2.1 Lean Manufacturnig***

#### **2.1.1 Antecedentes históricos**

De acordo com Womack, Jones e Ross (2004), o *Lean Manufacturing* surgiu no Japão no contexto pós-Segunda Guerra Mundial, seu criador foi Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota e os pioneiros da empresa: Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyoda em 1902; Kiichiro

Toyoda, filho de Sakichi, responsável por comandar as operações manufatureiras da indústria de automóveis entre os anos de 1936 e 1950 e Eiji Toyoda, sobrinho de Sakichi, que visitou e estudou o modelo produtivo da Ford, em Rouge, nos Estados Unidos, naquela época, considerada a unidade fabril mais eficiente e complexa do mundo. Os autores afirmam que Eiji já tinha em mente que o sistema de produção da Ford poderia ser melhorado, porém seria de extrema dificuldade e complexidade. Foi então, que juntamente com seu principal engenheiro Taiichi Ohno, concluíram que o sistema de produção em massa analisado nunca daria certo no Japão devido a alguns fatores que cooperaram para isso, como o mercado interno limitado, com uma alta demanda em inúmeros tipos de veículos (caminhões, carros pequenos e outros); A mão-de-obra local incentivada pelas leis trabalhistas dos Estados Unidos que foram difundidas no Japão, contestando seus direitos e importância nas indústrias; Falta de capital para novos investimentos em tecnologias devido a devastação causada pela guerra; Bloqueio das exportações japonesas e instalação de unidades fabris no país para dominarem o mercado interno.

Segundo Bertani (2012), através de todos fatores que impediam a aplicação do sistema em massa de produção, Taiichi Ohno notou que empregar o método fordista não serviria como estratégia. Ohno tinha ciência de que precisava de um novo modelo de produção e o encontrou. Dessa forma, foi criado o Sistema Toyota de Produção (STP), posteriormente conhecido como *Lean Manufacturing*, sistema que revolucionou e inovou a indústria automobilística no Japão na época e é difundida até os tempos hodiernos por vários segmentos de indústria por todo o mundo.

De maneira resumida, o *Lean Manufacturing* é um tipo de filosofia que busca o aperfeiçoamento dos processos das organizações de modo flexível, de modo a suportar as diversas mudanças do mercado (SILVA, 2021).

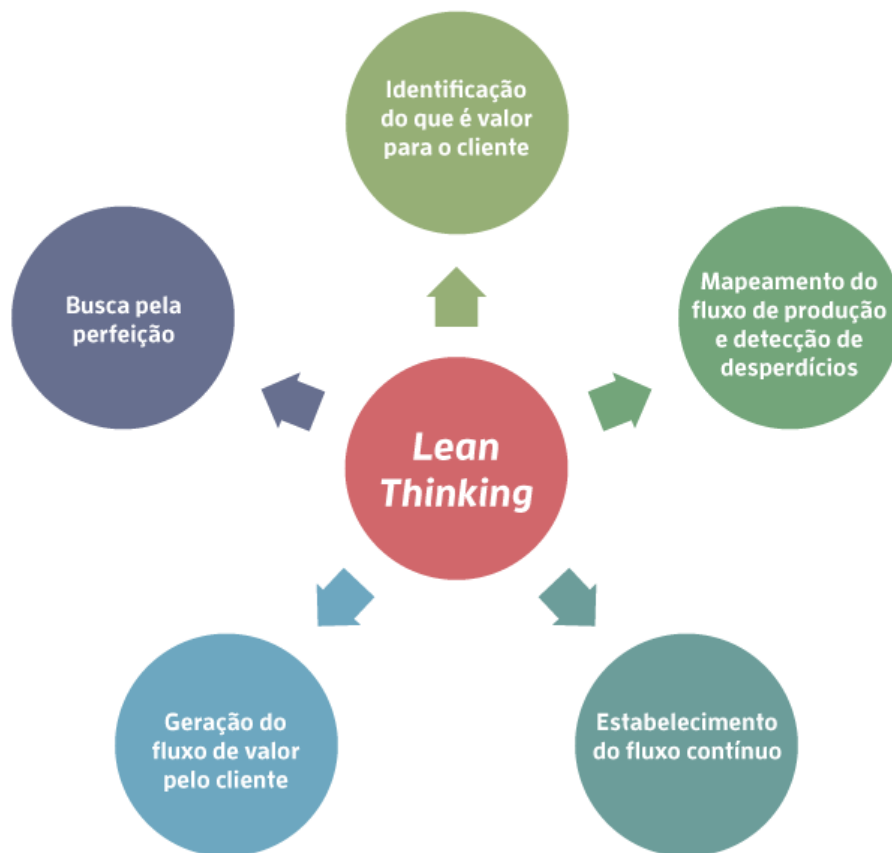
A seguir serão apresentados os princípios do STP, os oito desperdícios, a estrutura da Casa Lean e as principais ferramentas relacionadas a este sistema de produção.

### **2.1.2 Princípios**

De acordo com Fernando (2021), a filosofia *lean*, tem como princípios fundamentais a identificação do valor, o mapeamento do fluxo de valor, a criação do fluxo contínuo, a implementação de uma produção puxada e a busca da perfeição. Na figura 1 abaixo, é evidenciado tais princípios.



Figura 1 – Os princípios-chaves do *Lean Thinking*



Fonte: Fellipelli (2019).

Ainda segundo o autor, ao aprofundarmos na definição de cada princípio, temos:

- **Identificação do valor:** Valor é aquilo que o cliente define como tal, cabendo a cada processo definir o que o cliente valoriza e o satisfaz. Pode ser considerada duas formas de enxergar o valor, na ótica do consumidor tem como principal objetivo satisfazer suas necessidades quanto às características do produto ou serviço. Já na ótica dos *shareholders*, o objetivo gira em torno de uma correta definição de valor para que dessa forma aumente o valor das ações, para geração de futuros investimentos na companhia.
- **Mapear o fluxo de valor:** Este princípio da filosofia Lean, é o representante de todas as operações específicas do processo produtivo, cobrindo todas as etapas, desde o recebimento de matéria-prima até a expedição do produto final.

Portanto, deve-se identificar e mapear de forma precisa o fluxo de valor do produto, pois assim, se consegue identificar os desperdícios em cada processo.

- **Criação do fluxo contínuo:** Após a validação da criação de valor para o consumidor e análise de toda a cadeia de valor, o fluxo do produto ao longo de toda a cadeia deve ser assegurado, de forma a o tornar o mais harmonioso possível, eliminando assim, os desperdícios.
- **Produção puxada:** É o princípio fundamental, que assegura que seja o cliente que desencadeie a ordem de produção, eliminando a necessidade de estocagem. Em suma, consiste em produzir sob demanda, apenas o necessário e quando for necessário, reduzindo o estoque final e facilitando a identificação de falhas no processo produtivo.
- **A busca da perfeição:** A procura pela perfeição, pautada no conceito de melhoria contínua da redução ou eliminação dos desperdícios encontrados no processo. Relaciona todos os outros princípios com o objetivo do aumento perene da eficácia, ocasionando no aumento do grau de satisfação dos consumidores.

### 2.1.3 Os Oito Desperdícios

O Sistema Toyota de Produção é uma metodologia que visa acabar com os desperdícios de modo a aumentar a produtividade da companhia. Assim, tudo que aumenta os custos e não gera valor aos processos pode ser considerado um desperdício (OHNO, 1997).

Os desperdícios podem ser definidos como:

1 – Desperdício de superprodução: Caracterizado quando há uma produção de grande quantidade de produtos que não tem a demanda suficiente, de forma a gerar desperdícios com mão-de-obra, alto consumo de matéria prima e estoque sobressalente (SANTOS, et al., 2019).

2- Desperdício de espera: Ocorre quando o trabalhador fica ocioso no processo produtivo, seja por motivos de falta de matéria prima, fluxo desbalanceado, falta de ferramentas para trabalho, demora nos processos e gargalos da capacidade produtiva (MENDONÇA, et al., 2018).

3 – Desperdício de transporte: Gerado pela movimentação desnecessária de matéria e estoque, geralmente correlaciona-se a um *layout* ineficiente (ARAÚJO, 2021).

4 – Desperdício de super processamento: Caracterizado quando se aumenta o valor do produto, sendo que os clientes não estejam dispostos a pagar, ou quando se permite que uma atividade sem agregação de valor seja incluída no processo (IKARI, et al., 2020).

5 – Desperdício de estoque desnecessário: Ocorre quando existe estoque de matéria-prima, produtos acabados ou produtos entre processos em excesso, gerando custos de armazenagem e manutenção de estoque, transporte e obsolescência de materiais, dificultando a visualização de gargalos no processo produtivo (GOMES, 2019).

6 – Desperdício de movimentação: Gerado quando um colaborador realiza qualquer movimento desnecessário durante o processo, seja por procura de matéria prima ou ferramentas para trabalho (VERGOPLAN, 2018).

7 – Desperdício de retrabalho: Acontece quando algum trabalho ou atividade precisa ser refeito, mesmo que total ou parcial. Geralmente, a ausência de um produto ou processo com qualidade gera este desperdício (KRUGER, et al., 2022).

8 – Desperdício intelectual: Ocorre quando não há utilização de talento, habilidade e conhecimento das pessoas que agregam no processo (LIKER, 2004).

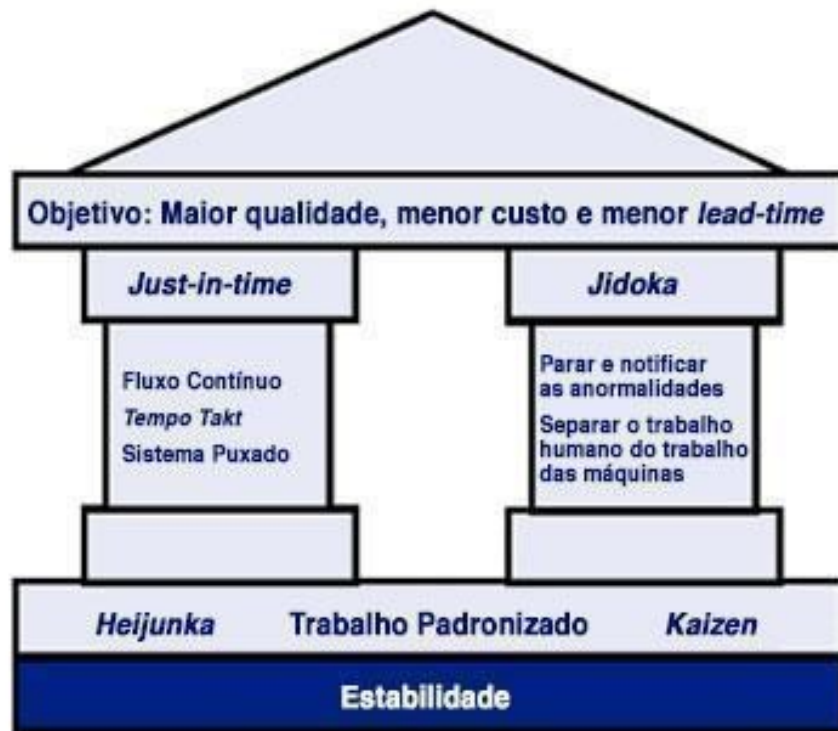
#### **2.1.4 Estrutura – Casa Lean**

Segundo Barata (2021), a criação da casa do STP foi um longo e demorado processo, que houve várias transformações ao longo dos anos. Foi um processo de observação e análise, contando com a engenharia inversa aplicada as causas que ocasionaram na transição da Toyota e surgimento da casa do STP, que pode ser resumido como um conjunto das ferramentas do sistema.

Liker (2004) afirma que para disseminar a nova metodologia STP aos clientes e funcionários, Ohno e Toyoda utilizaram uma casa, mostrada na figura 2, para representação. Acreditavam que seria uma forma simples e eficaz de entenderem a ideia pelo fato de ser uma figura familiar e que traz de forma clara a importância de cada componente para que a estrutura se mantenha firme.

Ao analisar a estrutura, nota-se que a base é constituída pela definição de estabilidade dos processos, trazendo o trabalho padronizado a partir de ferramentas como o *heijunka* que seria o alinhamento da produção e o *kaizen* que promove a melhoria contínua (FERREIRA, et al., 2019).

Figura 2 – Casa do Sistema Toyota de Produção



"Casa" do Sistema Toyota de Produção

Fonte – *Lean Institute* Brasil (2021).

Já os pilares de sustentação da casa, são representados pelos métodos *just-in-time*, priorizando as entregas de forma a atender a especificação de demandas, no prazo e quantidade certa; e o *jidoka*, conhecido como um condicionamento do processo, baseado na automatização com a inteligência e toque humano. No telhado da estrutura, encontram-se os objetivos do Sistema Toyota de Produção, concentrados no consumidor final a partir de produtos com uma alta qualidade, baixo custo e redução significativa do lead time (VILELA, 2019). A seguir será apresentado os conceitos aprofundados da estrutura da casa *lean*.

#### a. Estabilidade

Pode ser definida quando se obtém um ciclo produtivo que tem um resultado alinhado com o planejamento, com menos desperdícios, maior qualidade, atendendo a demanda do cliente e utilizando a quantidade de recursos necessários para o meio, quando se tem essa conjuntura, pode-se afirmar que a estabilidade foi devidamente atingida (KAMADA, 2010).

**b. Trabalho Padronizado**

A padronização inclui estabelecer, comunicar, aderir e melhorar os padrões impostos no local de trabalho. Busca também, maximizar a produtividade, de forma a identificar e eliminar perdas, para alcançar isto, é necessário ter um processo produtivo e programação nivelados. O trabalho padronizado é a metodologia focada em executar trabalhos com o mínimo de repetições, otimizando mão de obra, equipamentos e recursos (SUNDAR, et al., 2014).

**c. *Just in Time***

O *just in time* (JIT) pode ser definido como um fluxo produtivo que segue a demanda do cliente, com as quantidades e prazo desejados e estipulados pelo mesmo. É uma filosofia que atua na identificação, localização e remoção das perdas, buscando implementar nas linhas produtivas, métodos que geram maior fluidez no fluxo, melhorando o tempo dos equipamentos e da movimentação e transporte das etapas produtivas, visando assim, evitar o máximo de estoque durante os processos (FERREIRA, et al., 2019).

**d. *Jidoka***

Pode ser definido como a humanização da conexão entre homem e máquina. Pode ser subdividido em *jidoka* mecânico, onde o próprio sistema intervém nos erros, através de dispositivos de automação. E o *jidoka* humano, onde a operação possui total autoridade para o fluxo produtivo caso identificado algum erro ou desvio que esteja atrapalhando a linha de produção (VILELA, 2019).

**2.1.5 Ferramentas do Sistema Toyota de Produção**

Para colocar em prática os princípios e métodos da Casa *Lean* citada acima, o STP possui um portfólio de ferramentas associadas a implementação da produção enxuta, como:

- *Heijunka*: pode ser entendido como um tipo de nivelamento da produção, sendo um processo pautado em fixar o nível de produção de forma constante no dia a dia operacional, em suma, o produto deve fluir de forma contínua desde sua chegada em forma de matéria-prima até sua transformação em produto acabado (FERNANDO, 2021).

- *Kaizen*: é uma filosofia japonesa pautada na melhoria contínua dos processos, consequência do incessante esforço e envoltura total dos colaboradores (PALANGE, et al., 2021). Esta ferramenta, tem como principal escopo desenvolver equipes, pela utilização de reuniões com alta regularidade, para desenvolver uma autonomia e aprimoração dos processos dos colaboradores envolvidos na operação (FERREIRA, et al., 2019).
- Manutenção Produtiva Total (TPM): o objetivo da manutenção produtiva total é alcançar a máxima eficiência, otimizar e maximizar a vida útil do equipamento e máquinas, de forma a que todos os operadores estão envolvidos no processo de manutenção preventiva e planejamento para evitar falhas de máquina e tempo de inatividade não planejado (RODRIGUES, et al., 2006).
- Relatório A3: tem como intuito principal, orientar a solução de problemas a um estudo mais profundo do desvio ou das oportunidades levantadas, de forma a gerar novas estratégias, planejamentos, ideias de como atuar ou resolver o problema. Proporciona um vasto aprendizado e acúmulo de conhecimento quando resguardado os problemas já solucionados, auxiliando em um futuro, o aprendizado através de um problema resolvido, para assim solucionar um com as mesmas características (VIANA, et al., 2014).
- *Poka-Yoke e Andon*: de acordo com Palange, et al., (2021), as ferramentas *Poka Yoke e Andon* são métodos pautados nas falhas dos equipamentos. Portanto, são inseridos nos equipamentos e maquinários que constituem o processo produtivo e podem ser usados como detecção de defeitos nas peças. As ferramentas utilizam dispositivos de alerta para identificação rápida do erro ou falha, para dessa forma corrigir e solucionar o problema. Ademais, a ferramenta Andon também possui a função de administrar e controlar as etapas produtivas de um modo rápido, simples e intuitivo, para que os colaboradores possam saber o que está saindo de resultados e se o mesmo está alinhado com as metas da gestão, sendo possível realizar isto através da gestão a vista, onde as informações ficam organizadas de maneira simples e didática com indicadores visuais.

Na sequência, são abordados o aprofundamento e conceitos do Mapeamento do Fluxo de Valor, ferramenta cardinal de aplicação na empresa citada neste estudo.

### 2.1.6 *Value Stream Mapping (VSM)*

Segundo Rother e Shook (2012), o Mapeamento do Fluxo de Valor se resume em uma técnica de modelagem substancial para identificar os gargalos e desperdícios, na cadeia como um todo. Ou seja, visualizar o processo produtivo representando por um fluxo de informes e materiais, onde é possível enxergar as atividades que não agregam valor para o cliente.

De acordo com Nallusamy (2021), o VSM tem como principal função, controlar o processo produtivo desde a chegada da matéria-prima na planta até a finalização do produto acabado. É uma ferramenta importante, que concede a companhia um planejamento, para organizar e realizar a gestão dos princípios *lean* na transformação da cadeia. Outro ponto importante, é a fácil visualização de toda a cadeia depois de realizado o mapeamento, de forma a identificar os clientes, fornecedores, processos, gargalos e outras características do processo.

Segundo Palange, et al (2021), as etapas para se construir um mapeamento do fluxo de valor podem ser definidas como:

**1 – Selecionar a Família de Produto:** Nesta primeira etapa, deve-se selecionar uma família de produto inerente para construir o mapeamento. Família de produtos pode ser entendida por um conjunto de produtos que possui etapas produtivas semelhantes, processadas no mesmo conjunto de máquinas.

**2 – Mapa do Estado Atual:** Esta etapa, se resume no mapeamento do estado atual do caso estudado, pode ser feita de forma simples, desenhado em um papel A3. Porém, para realizar esta etapa, deve-se ter conhecimento de alguns requisitos antes de começar o mapeamento, são eles: tempo de ciclo, tempo de mudança, tempo de atividade, o stock, a necessidade do cliente, a programação de fornecimento, a sequência de operação e o recurso em cada operação (número de trabalhadores).

**3 – Analisar o Mapa do Estado Atual:** Nesta etapa, o mapa do estado atual é analisado por completo, de modo a encontrar os gargalos e os principais pontos de obstrução no processo. Também é analisado os desperdícios, definindo prioridades de acordo com a relevância do desperdício no decurso.

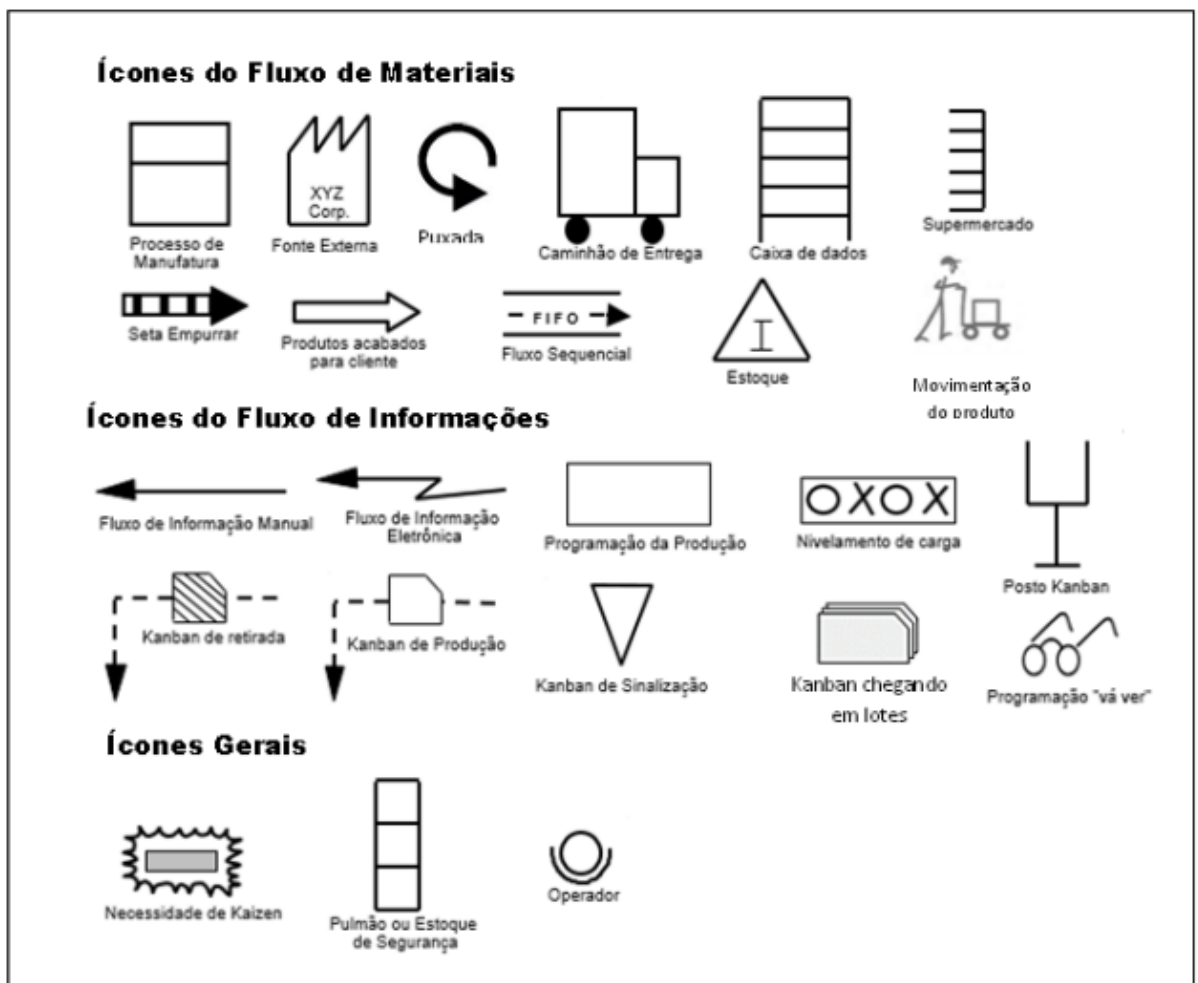
**4 – Mapa do Estado Futuro:** Na quarta etapa, os desperdícios encontrados na terceira etapa são reduzidos ou eliminados conforme sua relevância no processo, de modo a criar um fluxo produtivo contínuo. Após a eliminação ou redução, é desenhado o mapa do estado futuro.

**5 – Simular:** O mapa criado na etapa quatro é modelado em um software de simulação para que se obtenha uma alta variedade de resultados do mapa do estado futuro. A cada simulação feita, os dados são registrados para fazer uma análise completa de todas as simulações realizadas com o modelo. Então, é selecionado o modelo com os melhores resultados de acordo com as necessidades do processo.

**6 – Implementar:** Na última etapa, o modelo selecionado na etapa anterior é apresentado para os gestores para aprovação, caso aprovado é implementado com austeridade e precisão.

Segundo Rother e Shook (2012), o mapeamento do fluxo de valor é representado por figuras e ícones que são utilizados para construção do mapa, informando todo o fluxo do processo, desde a chegada da matéria-prima até o produto final. Na figura 3 apresentada a seguir, é evidenciado alguns tipos de figuras e ícones utilizado para construção do mapeamento.

Figura 3 – Figuras e ícones utilizados no VSM



Fonte: Araújo (2021).



De acordo com Gomes (2019), é importante conhecer os conceitos atrelados ao mapeamento do fluxo de valor, são eles:

- *Lead time*: pode ser definido como o tempo total em que uma peça ou material gasta para mover-se do início ao fim dentro dos processos ou do fluxo de valor. Algumas das formas de determinar o lead time é cronometrar uma peça previamente marcada movendo do início ao fim de seu ciclo produtivo.
- *Takt time*: é o tempo alocado para a produção do produto em uma célula ou linha. É definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção do produto ou material. De forma matemática, é a razão entre o tempo disponível de produção e a demanda do produto a ser produzida, evidenciada na equação (1). Tempo disponível de trabalho pode ser definido matematicamente pela subtração de horas trabalhadas em paradas planejadas (almoço e outros) como evidenciado na equação (2).

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível de trabalho}}{\text{demanda}} \quad (1)$$

$$\text{tempo disponível de trabalho} = \text{horas de trabalho} - \text{paradas planejadas} \quad (2)$$

- *Setup*: pode ser definido como todas as tarefas necessárias para finalização de um lote do produto até que se tenha iniciado outra peça do próximo lote. Em suma, é o tempo entre a finalização da última peça da linha de produção até o início da produção de uma nova peça dentro das especificações e parâmetros dos processos.
- Tempo de ciclo (TC): corresponde ao tempo para produzir um produto dentro de uma célula de trabalho considerando a hora de início da primeira atividade até a finalização total dos processos de operação. Um tempo de produção efetivo por turno é o tempo de início ao final do turno, descontando as paradas planejadas, ou seja, é o tempo disponível de trabalho. A equação (3) evidencia o conceito de tempo de ciclo.

$$TC = \frac{\text{tempo disponível de trabalho por turno}}{\text{produção por posto de trabalho por turno}} \quad (3)$$

Em seguida será apresentado a definição e as considerações importantes sobre o setor em que será realizado o objetivo do estudo.

## 2.2 Indústria Sucroalcooleira

O cultivo da cana de açúcar no Brasil começou na fase de colonização, foi um setor que sofreu diversas transformações, tanto positivas, quanto negativas, facultando para que o país se tornasse um importante abastecedor do mercado externo dos produtos derivados da cana de açúcar. O resultado final foi um lucro elevado, tanto para a coroa portuguesa, quanto para o Brasil, quando deixou de ser colônia de Portugal (GOES, et al., 2008).

Segundo Silva (2018), a partir da década de 1990, o setor sucroalcooleiro foi introduzido em um cenário que passava por grandes mudanças e transformações, subsistindo uma menor intervenção do estado. A partir disso, os preços do açúcar e etanol deixaram de ser monitorados. Em função dessas transformações, conforme o autor evidencia, alterou a cadeia produtiva desses produtos, principalmente nos setores de produção e comércio, o que fomentou a concorrência no setor.

De acordo com Araújo (2016), o Brasil segue liderando o ranking como maior produtor do mundo em açúcar e segundo maior produtor de Etanol, perdendo apenas para os Estados Unidos da América. Nos tempos atuais, a cultura sucroalcooleira tem se expandido para diversas regiões que não tinham tradição neste setor como Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Goiás e por fim São Paulo, que detém cerca de 60% da produção brasileira (SILVA, 2018).

Segundo o JornalCana (2020), atualmente, o setor sucroalcooleiro gera mais de 800 mil empregos. O nível de formalização de empregos é maior que a média do agronegócio no Brasil. O setor enfrenta adversidades provocadas pela moagem reduzida, bem como o aumento do dólar na safra 2018/2019.

A expansão da atividade sucroalcooleira no Brasil, ocorreu devido ao aumento dos preços internacionais do petróleo, o desenvolvimento de veículos com sistema *flex* de abastecimento (etanol e gasolina), a tendência de alta do valor do açúcar no mercado externo e as transformações tecnológicas: cultivo adaptado ao clima do cerrado e a exploração do bagaço e da biomassa para produzir energia e ração (QUEIROZ, 2016).

Em questão das projeções feitas, indica-se que até o ano de 2050, o setor sucoenergético do Brasil deve aumentar de três a quatro vezes mais que os concorrentes do mercado externo, consolidando o Brasil nos primeiros lugares do ranking internacional (NOVACANA, 2022).

Ainda segundo o jornal, uma das principais empresas no setor, que contribui diretamente na fomentação da economia e concorrência no país é a Raízen. Fundada em 2010 entre uma *joint venture* entre a nacional Cosan e a multinacional Shell, a empresa teve em 2018, um faturamento próximo aos R\$80 bilhões contando com mais de 30 mil colaboradores. A empresa

tem como campo de atuação as etapas da cadeia produtiva do etanol, do açúcar e bioenergia. Conta com 26 unidades espalhadas pelo país, que somadas produzem anualmente 2 bilhões de litros de etanol e 4,7 milhões de toneladas de açúcar.

O jornal também evidencia a empresa Tereos, que em 2016 comprou 45,97% da Guarani S.A, assumindo seu total controle. Mantiveram a marca Guarani no varejo e fomentaram a produção de etanol, açúcar e energia elétrica proveniente da cogeração do bagaço da matéria-prima. A empresa conta com a colaboração com mais de 20 mil funcionários, com uma receita bruta em 2016/2017 de R\$10,2 bilhões.

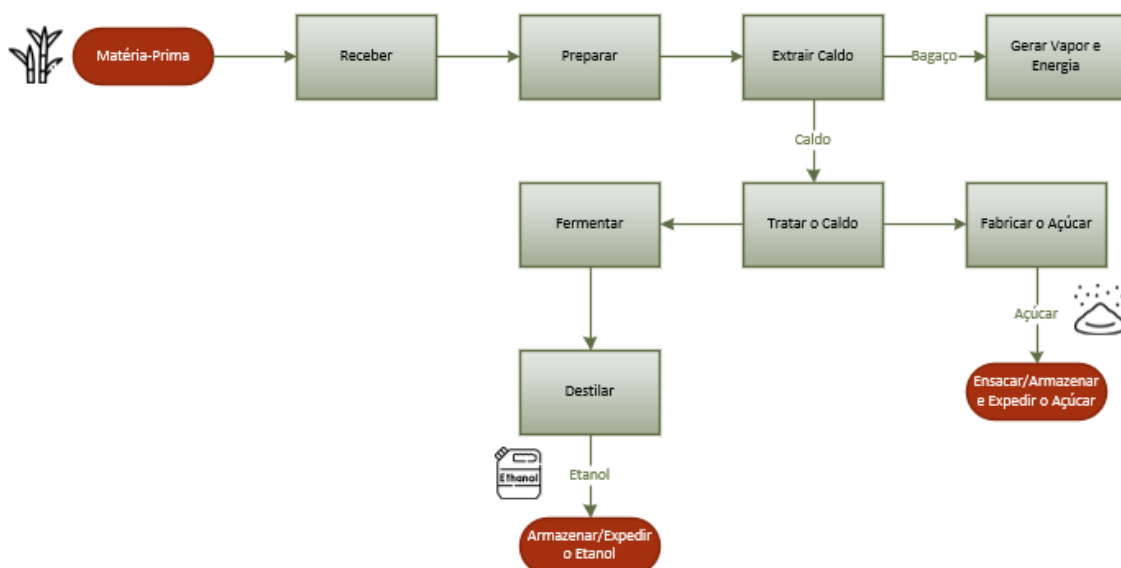
### 2.2.1 Processo Genérico de uma Indústria Sucroalcooleira

Segundo Hira e Oliveira (2009), a cana de açúcar quando comparada a outras matérias primas como o milho e o trigo, é a mais eficiente, com destaque no baixo desperdício e aproveitamento do bagaço da cana, utilizado para produção de energia elétrica, de forma a alimentar a planta e o excesso vendido as concessionárias de energia.

O processo produtivo integrado de açúcar e etanol é o predominante. Além desses dois produtos finais, o setor sucroenergético também adicionou a energia elétrica em seu “portfólio” de produtos (HENDLER, 2011).

Ainda segundo o autor, há processos que tem correlação tanto a produção de açúcar, quanto de etanol, como por exemplo: recepção, preparo, extração e tratamento de caldo. A figura 4 apresentada abaixo, demonstra como as etapas deste sistema produtivo se relacionam.

Figura 4 – Processo geral de uma planta industrial do setor sucroalcooleiro



Fonte – Autoria própria (2022).

A seguir, será apresentado a definição e importância de um armazém dentro da cadeia de valor de uma indústria sucroalcooleira que será o setor focado neste estudo.

### **2.2.2 Armazéns**

A armazenagem é a gerência do espaço primordial para estocagem do produto final. Envolve diversas análises, as principais são: localização, dimensionamento de área, arranjo físico e configuração do armazém (BALLOU, 1993).

De acordo com Castro, et al (2014), uma empresa pode ter diversas razões para investir em armazenagem de seu produto como: economia com transportes, economia de produção, redução do risco de ruptura de estoque e adiantamento das operações finais do produto. Já no que tange o escopo de serviços, a empresa pode: manter uma origem de oferta, cobrir diferenças de tempo e espaço entre os produtos e consumidores finais e dar suporte as filosofias do nível de serviço.

A estratégia de ter sua própria gestão de armazenamento não é apenas um fator competitivo que te aproxima do mercado global, também serve de apoio destinado a um equilíbrio de produção com demanda futura, garantindo o livre giro da cadeia de suprimentos, de forma a agregar valor na oferta dos serviços oferecidos (RODRIGUES, et al., 2013)

Segundo Castro, et al (2014), o ambiente competitivo em que o setor sucroenergético está inserido atualmente, força as companhias a analisarem o seu modo de gestão, de forma a modernizar os processos para que fiquem bem estruturados e alinhados. Dentre essas análises, é importante entender o quanto a logística de armazenagem e movimentação do produto final ajuda no aprimoramento do sistema produtivo.

As empresas do setor agroindustrial do Brasil vêm enfrentando uma nova realidade no mercado, onde as exigências por alguns parâmetros operacionais têm sido cobradas, alguns exemplos são: redução de custos, diversidade nos produtos, confiabilidade e prazo de entrega reduzido, alto controle de qualidade e flexibilidade. Dessa forma, incentivou a implementação de mudanças através de inovações tecnológicas e organizacionais (MACHADO, 2006).

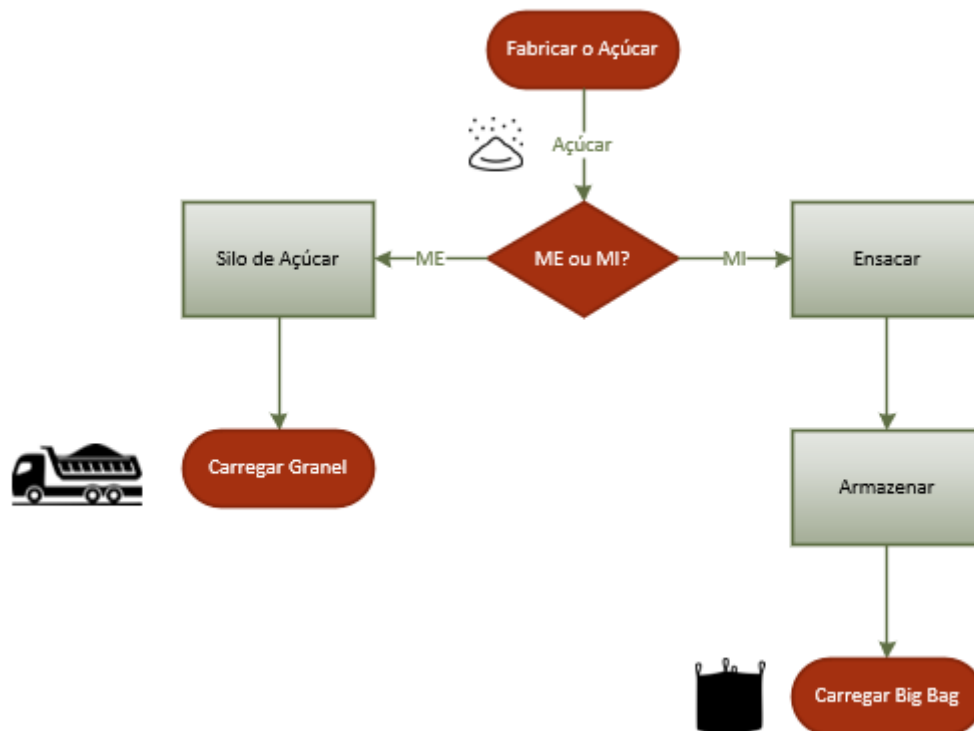
O modo de gestão de armazenagem de um setor sucroalcooleiro no Brasil, deve estar alinhado com os novos desafios e as demandas existentes. Quando analisado o processo produtivo, a armazenagem se faz de extrema importância pois a produção do açúcar é uma das principais estratégias do setor, trabalhando com uma produção sazonal, de forma a estocar seus produtos para comercialização quando o mercado está aquecido. As estratégias de logística de armazenagem e expedição também são de grande relevância visto que afetam diretamente o nível de serviço prestado ao cliente final (CASTRO, et al., 2014).

De acordo com Machado (2006), em uma cadeia de produção de açúcar, destaca-se o açúcar destinado tanto ao consumo humano como ao setor de indústria alimentícia. Porém, o açúcar comercializado internamente, representa uma pequena parcela frente à produção total de açúcar no país (37%), sendo o restante, voltado ao mercado externo. O açúcar exportado é do tipo *Very High Polarization* (VHP), utilizando principalmente como insumo em processos de refinação.

A propensão de integração das empresas do setor agroindustrial e as indústrias alimentícias, demonstra a necessidade de as organizações firmarem seu posicionamento junto ao mercado industrial. Esta operação, evidencia que o fluxo tecnológico da conformidade dos produtos finais deve sempre buscar um alto índice de eficiência e produtividade em seus processos produtivos e logísticos. Para isso, a gestão operacional de um armazém tem de ser eficiente, de modo a garantir o atendimento das necessidades dos clientes finais. O fluxo operacional deve ser mapeado, para entender o processo e a partir disto, avaliar as melhorias que podem ser aplicadas (MACHADO, 2006).

Na figura 5 é evidenciado um fluxograma de um armazém de açúcar que atende tanto mercado interno quanto mercado externo.

Figura 5 – Processo geral de um armazém de açúcar do setor sucroalcooleiro



Consequente, será apresentado o objetivo do trabalho e sua correlação com a área de atuação.

### **2.3 Manufatura Enxuta na Gestão de Armazéns**

Neste item serão descritos trabalhos científicos que relacionaram a Manufatura Enxuta e a Gestão de Armazéns, visando pôr em evidências o estudo da arte de estas duas áreas.

Dessa forma, Costa (2021), trouxe como objetivo principal a aplicação das metodologias Lean na área de armazém, explorando a possibilidade de uma mudança no layout do setor e na introdução das metodologias, apoiando e melhorando os processos do armazém. Então, foi feita uma análise da situação inicial de um armazém do setor de exportação e importação de confecção de vestuário. Depois de mapeado os pontos críticos, foi feito um planejamento das possíveis melhorias a serem implantadas na área. A autora precedeu-se com a aquisição de equipamentos para padronizar, identificar e localizar os materiais estocados, dessa forma, como principal resultado, o tempo de operação foi otimizado e criou-se uma ferramenta de consulta ao estoque existente, evidenciando a importância da reorganização do layout para ganhos significativos no processo.

Seguidamente, Alves (2021), pontua como objetivo principal de seu trabalho a implementação de práticas Lean em armazém através das respostas dos pontos críticos investigados, de modo que esta implementação pode melhorar o desempenho da empresa estudada. A metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho foi uma investigação-ação, obtendo os resultados mais próximos da realidade inserida dentro do contexto em causa. Dessa forma, os resultados obtidos foram a redução do lead time em aproximadamente 3 dias, a organização do espaço e padronização dos procedimentos de limpeza, a melhoria da produtividade do setor, aumento da qualidade do serviço e da qualidade de vida dos colaboradores.

Do mesmo modo, Harun et al (2019), propõe o conceito de aplicação de ferramentas Lean: 5S e Mapeamento do fluxo de valor em um armazém de uma indústria manufatureira da Malásia. A metodologia utilizada pelos autores foi a coleta de dados por softwares estatísticos como o *Package for Social Sciences* (SPSS) para análise descritiva e o software AMOS para investigação entre a relação do conceito desenvolvido e a técnica de modelagem utilizada. Assim, a implicação do estudo dos autores é importante e útil para aumentar o conhecimento e propor melhorias para o setor de aplicação. Como principais resultados, os autores destacam que a implementação das ferramentas da manufatura enxuta: 5S e VSM pode contribuir para a

melhoria da performance do armazém da empresa estudada, reduzindo os desperdícios e melhorando os procedimentos operacionais.

Por outro lado, Gonçalves (2018), traz como objetivo principal do seu trabalho, analisar as dificuldades práticas no setor de armazenamento e movimentação de uma indústria de tintas que conta com um vasto portfólio de produtos para gestão. O autor definiu previamente alguns objetivos específicos pautados na metodologia Lean para desenvolverem no estudo como: melhoria do aproveitamento do espaço disponível, garantia de eficácia e eficiência do setor e a diminuição dos tempos de transporte das matérias-primas até os setores de produção. O trabalho concentrou-se nos processos internos, armazenamento e transporte interno. Dessa forma, foi estudado e analisado o processo global da armazenagem de matéria-prima, focando desde a recepção, arrumação, separação e abastecimento aos setores produtivos. Ao analisar os problemas e pontos críticos do processo, o autor notou que poderia realizar uma modificação de layout do armazém e elaborar uma nova solução do transporte interno das matérias-primas. Como principais resultados, os objetivos inicialmente traçados, foram atingidos, de forma a realizar uma melhor utilização do espaço disponível, diminuição de desperdícios relacionados a movimentação da matéria-prima e conseqüentemente resultando em um aumento da produtividade da planta industrial.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Segundo Gonzales, et al (2018), uma pesquisa é classificada de várias formas, variando pelo formato de como é utilizada e aplicada no trabalho, as principais características de uma pesquisa são: natureza, abordagem problemática, objetivo e procedimentos.

A natureza deste trabalho será uma pesquisa aplicada, pelo fato deste tipo de pesquisa ser uma atividade em que o conhecimento que foi adquirido através dos estudos, pode ser usado para coleta, seleção e processamento de fatos ou dados, de forma a tornar-se possível a construção de resultados que geram impacto na área estudada (ARAÚJO, et al., 2018).

Já no que tange a abordagem do problema, será de característica qualitativa e quantitativa, pois serão analisados os dados numéricos que comprovam os objetivos gerais da pesquisa e os dados qualitativos que permite compreender a profundidade e as minúcias das informações coletadas (JUNIOR, et al., 2021).

Segundo seu objetivo, a pesquisa será de característica descritiva, pelo fato deste tipo de objetivo realizar uma análise minuciosa e descritiva do trabalho, investindo na captação e levantamento dos dados qualitativos e quantitativos de forma a analisar os dados, sem interferência do pesquisador (CAFÉ, et al., 2018).

Quanto ao procedimento metodológico, será caracterizado pelo estudo de caso, devido a este tipo de pesquisa envolver um estudo completo investigando um problema através da coleta e análise de dados permitindo um amplo e detalhado conhecimento sobre. Este tipo de procedimento visa constituir uma ferramenta de pesquisa que permite uma investigação de forma a preservar as características holísticas e significativas do objeto em análise (SANTOS, et al., 2018).

### **3.2 Técnicas de coleta de dados**

O tipo de investigação a ser realizada é um fator importante para definição da metodologia a ser utilizada nas técnicas das coletas de dados, desta forma, este trabalho contemplou uma investigação de observação, que consiste em uma técnica de coleta de dados, que tem como principal objetivo examinar os fatos e não só ver ou ouvir. É de suma importância a compreensão de que o observador precisa ser considerado participante por ele mesmo e pelo grupo em que está sendo estudado (KLUCKHOHN, 2018).

No que tange sobre as fontes, a técnica utilizada foi a de dados primários, que pode ser definido como os dados brutos, que são obtidos diretamente pelo pesquisador, com o objetivo de abordar o fenômeno estudado. Os dados primários possuem uma maior confiabilidade pelo fato de ser coletado em tempo real, tornando-o muito mais credível (RAUTENBERG, et al., 2018).

A pesquisa também usa como técnicas de coleta de dados a entrevista semiestruturada, que consiste em um modelo de entrevista flexível, possuindo um roteiro prévio, mas com espaços para que haja perguntas fora do planejado durante o diálogo, tornando-o mais dinâmico (REZENDE, 2019)

### **3.3 Técnicas de análise de dados**

A técnica de análise de dados utilizada neste trabalho foi o Mapeamento do Fluxo de Valor, uma ferramenta *lean* que consegue representar todas as etapas do processo, abrangendo os fluxos de materiais e de informação, desde o fornecedor até o consumidor. Permite um profundo tratamento das informações através da comparação entre os valores coletados no mapa do estado atual e futuro (SILVA, et al., 2020).



### **3.4 Procedimentos metodológicos**

Para evolução deste trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico sobre a filosofia *Lean Manufacturing* e as ferramentas que acercam esta prática de manufatura enxuta, dentre elas, foi selecionada o Mapeamento do Fluxo de Valor pelo fato de se encaixar na área de estudo e da problemática do mesmo. Posteriormente, foi pesquisado sobre a área de aplicação do estudo, voltado para a Indústria Sucroalcooleira, especificamente no setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar da empresa estudada. Desse modo, foram coletadas as informações necessárias para aplicação da ferramenta através de entrevistas com os gestores do setor e análise e acompanhamento diário dos processos internos da área. Esses dados foram organizados e analisados para elaboração do fluxo de valor do estado atual em uma planilha eletrônica de forma a possibilitar a elaboração das propostas de melhorias representadas no fluxo de valor do estado futuro.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização da empresa**

O trabalho tem como objeto de estudo uma empresa multinacional de grande porte do setor sucroalcooleiro, que tem como atividade principal o etanol e o açúcar proveniente da cana-de-açúcar e a energia elétrica gerada com base no bagaço da cana.

A empresa foi criada em dezembro de 2019 a partir da união entre duas grandes multinacionais do setor. Atualmente, a companhia é destaque em bioenergia e está entre as maiores empresas do setor, contando com mais de 8 mil colaboradores em todas suas unidades.

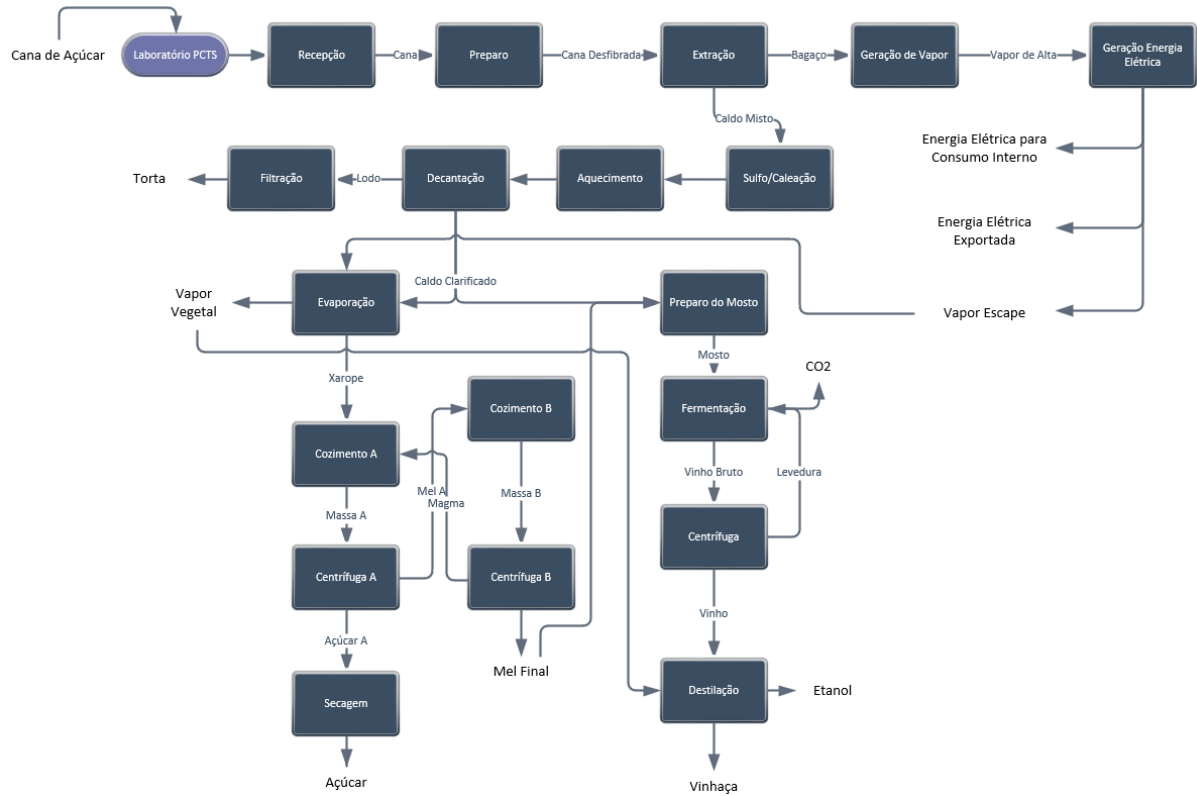
Os principais produtos da companhia são etanol, açúcar, bioenergia e biomassa. Dessa forma, a empresa atua no mercado interno, comercializando seus produtos acabados nacionalmente, fomentando o desenvolvimento da economia do país. No que tange ao mercado externo, a companhia também vende seus produtos para países estrangeiros, com foco principal no açúcar VHP.

A unidade a ser estudada, está localizada no triângulo mineiro e possui em torno de 800 funcionários que são separados em 3 principais setores: Indústria, Administrativo e Agrícola. No setor industrial, foco principal do trabalho, possui em média 200 colaboradores que são separados em 11 áreas de atuação: Administração Industrial, Laboratório Industrial, Manutenção Industrial, Recepção Preparo e Extração, Utilidades, Tratamento de Caldo, Fábrica de Açúcar, Destilaria, Fermentação, Armazenagem e Expedição de Etanol e Armazenagem e Expedição de Açúcar que será a área focada no objetivo do estudo.

## 4.2 Mapeamento da realidade empresarial

Para melhor visualização do fluxo produtivo de uma planta industrial sucroalcooleira, foi construído um fluxograma como mostra a figura 6:

Figura 6 – Fluxograma industrial para produção de açúcar e etanol



Fonte – Autoria própria (2022).

Ao adentrar-se nos processos industriais da empresa estudada, tem-se um vasto fluxo com vários processos e áreas até chegar no produto acabado. O fluxo produtivo inicia-se no recebimento de cana pelos caminhões comboios de uma empresa terceirizada porém controlados por uma logística interna que funciona 24h. Todos caminhões passam pela balança fiscal para pesagem do produto e lá é realizado um sorteio para análise da matéria prima pelo laboratório PCTS (pagamento de cana por teor de sacarose), o conjunto sorteado é encaminhado para uma via separada onde uma sonda oblíqua retira uma pequena quantidade de cana-de-açúcar para análise da qualidade do material, que é o fator principal que avalia quanto a empresa pagará ao fornecedor da mesma. Em seguida, o caminhão vai em direção ao hilo para realização de tombamento do conjunto na mesa de alimentação (setor de recepção da matéria). Após a etapa de recepção da cana-de-açúcar, a próxima etapa é o preparo da matéria, onde a mesma é desfibrada para ser processada na extração. Então a matéria já desfibrada, passa por um enorme

equipamento chamado difusor onde é extraído o caldo da cana, a partir dessa fase, o processo possui mais de um fluxo, o caldo extraído é enviado para o tanque de caldo misto onde será iniciado o processo do tratamento do caldo. Na saída do difusor, também tem-se o bagaço da cana, que é transportado através de esteiras até o setor de utilidades onde essa biomassa é queimada na caldeira para a geração de vapor e energia da planta.

Com o caldo extraído pelo difusor, o mesmo segue para o processo de calefação, que consiste na adição de cal hidratada para correção de pH do caldo. Em seguida, o caldo é aquecido com vapor vegetal e enviado para a etapa de decantação que consiste na separação de impurezas com mínima remoção de nutrientes, então se obtém o caldo clarificado e o lodo. Este lodo é enviado para o processo de filtração onde é obtido a torta, um importante resíduo utilizado em canaviais que serão estabelecidos, visando o fornecimento de nutrientes de acordo com as necessidades das plantas. Portanto, observa-se que o tratamento de caldo é de suma importância para a planta pois é o setor que controla a retirada das impurezas do caldo, resultando assim em um produto acabado com uma qualidade maior, como por exemplo o açúcar.

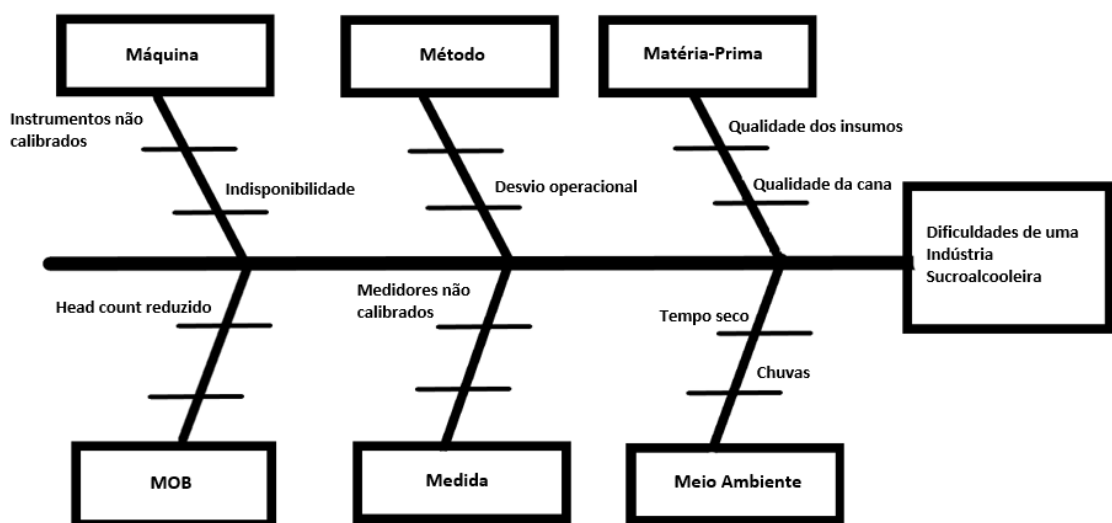
Após o processo de decantação do caldo, o processo divide-se novamente em dois fluxos, podendo ser encaminhado tanto para a evaporação (fabricação de açúcar) ou para a fermentação (fabricação de etanol). Esta escolha é manipulada pelos operadores do setor controlando as vazões do caldo clarificado para ambos setores, esta decisão depende de vários fatores que são pré-estabelecidos no planejamento da safra onde a equipe de coordenação de processos estabelece metas de *mix* de produção para etanol e açúcar.

Para a fabricação do etanol, o caldo clarificado é enviado para o preparo de mosto onde encontra-se caldo clarificado e mel (fornecido pela fábrica de açúcar) nas cubas separadas para o processo. Dessa forma, obtém-se o mosto e o mesmo passa pelo processo de fermentação, onde é fermentado por leveduras para transformação de açúcares fermentescíveis (glicose e frutose) em etanol e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Após o processo de fermentação é obtido o vinho bruto e o mesmo passa pela etapa de centrifugação que consiste em separar a fase sólida da fase líquida por diferença de densidades, então é obtido o vinho. Como etapa final, o vinho é encaminhado para os processos de destilação, que consiste na separação das substâncias voláteis presentes no vinho, inicialmente transformadas em vapor e depois condensadas. O processo de destilação utiliza vapor vegetal fornecido pela etapa de evaporação do caldo. Após o processo de destilação, é obtido o etanol e a vinhaça (produto utilizado como adubo no cultivo de cana-de-açúcar).

Em relação a fabricação do açúcar, o caldo clarificado obtido pelo tratamento de caldo, é enviado para a etapa de evaporação do caldo, que se traduz na remoção de cerca de 75% da água que contém no caldo para assim retirar apenas o açúcar do caldo, nesta etapa utiliza-se caixas de evaporação de múltiplos efeitos, sendo que os primeiros efeitos são alimentados pelo vapor de escape emitido pela geração de vapor da planta. Já nos outros efeitos, emitem o vapor vegetal que é utilizado no processo de destilação. Como resultado do processo de evaporação do caldo, obtém-se o produto denominado xarope. A etapa subsequente, é o cozimento do xarope, que visa a cristalização e recuperação de 80% a 85% da sacarose presente na matéria. Esta etapa, transforma o xarope em massa que posteriormente será centrifugada. A massa obtida pelo processo de cozimento denomina-se massa A (massa voltada para a produção de açúcar), em seguida, a mesma é enviada para o processo de centrifugação, que consiste na separação física da massa, obtendo o subproduto conhecido como mel que é utilizado no preparo do mosto na fabricação do etanol. Após a etapa de centrifugação, obtém-se o açúcar, que é enviado para o processo de secagem para retirada da umidade do produto. Em seguida, como etapa final do processo da fabricação de açúcar, o mesmo é enviado para o setor de Expedição e Armazenamento.

Em paralelo, o setor industrial convive diariamente com várias dificuldades e problemas que afetam o fluxo contínuo do processo, sendo eles:

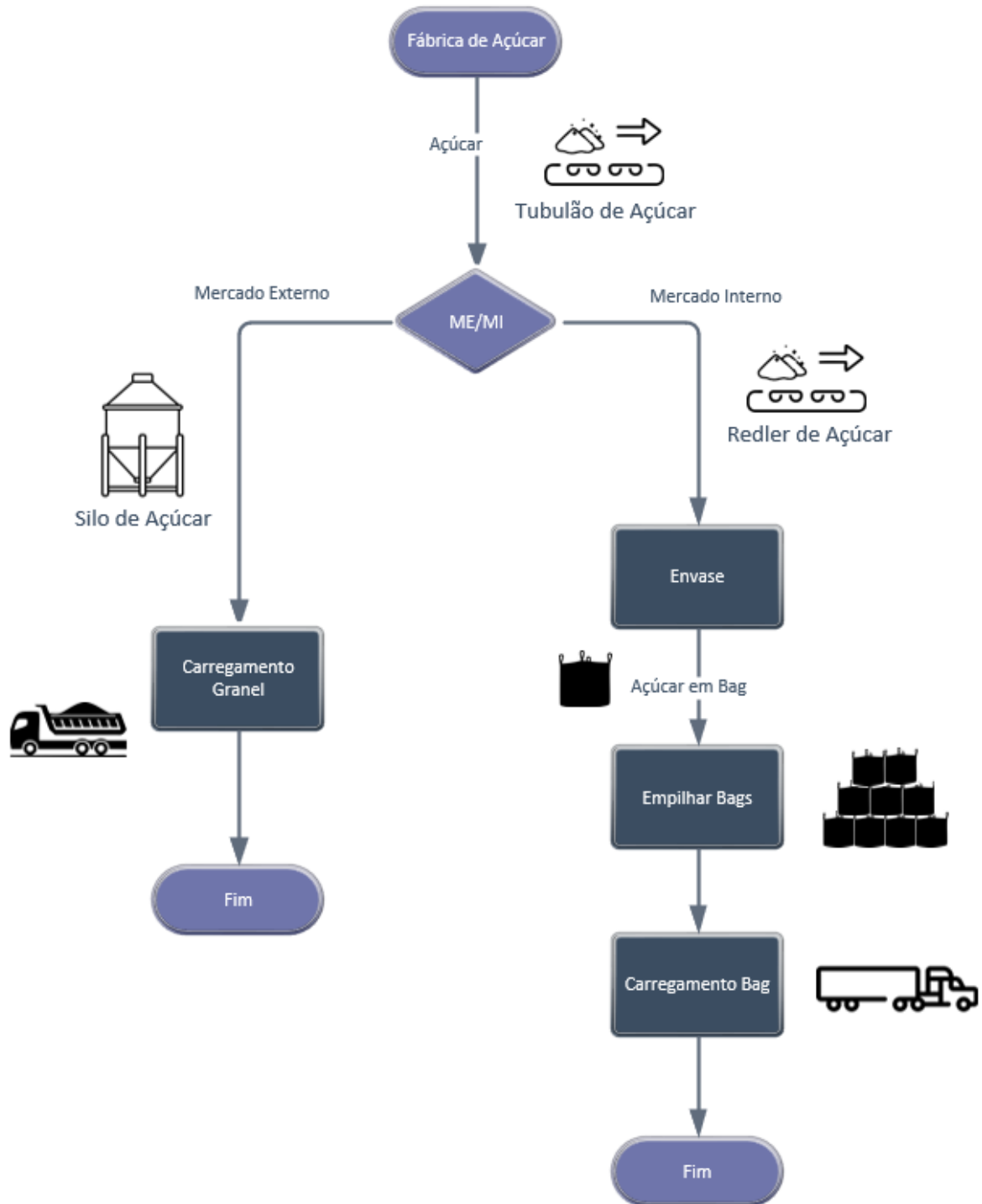
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa para as dificuldades do setor sucroalcooleiro



Fonte – Autoria própria (2022).

A seguir, o fluxo produtivo do setor de armazenagem e expedição de açúcar é representado por um fluxograma para facilitar a visualização como evidenciado na figura 7:

Figura 8 – Fluxograma de armazenagem e expedição de açúcar



Fonte – Autoria própria (2022).

Seguindo o fluxo da produção de açúcar, o processo final é no setor de armazenagem e expedição de açúcar, para isso, o produto flui por uma extensa esteira dentro de uma estrutura conhecida como tubulão de açúcar. Após a finalização da movimentação na esteira, o açúcar possui dois fluxos possíveis para dar sequência. A decisão de qual fluxo o produto acabado seguirá é da gestão do setor de armazenagem, acionando um botão dentro do local que aciona uma alavanca automática direcionando o açúcar para o fluxo escolhido. Caso a gestão decida por abastecimento do silo, o açúcar vai direto para o silo com capacidade de armazenamento de até 200 toneladas, conseguinte, cai em uma balança dentro do silo para realizar o carregamento a granel. Para realização do carregamento a granel, o operador deve calcular o volume a ser abastecido no caminhão levando em conta a sua capacidade subtraindo de sua tara. Então, o operador programa o volume calculado na balança e controla um semáforo que indica as movimentações do caminhão (avancar, ré, parado). O carregamento a granel é voltado para o mercado externo, diferentemente do carregamento por bags.

Em oposição ao abastecimento do silo, a gestão pode decidir que o fluxo do açúcar siga direto para o envase. Dessa forma, o açúcar passa por um equipamento chamado *redler* que consiste em um equipamento para transporte horizontal de granéis. Conseguinte, cai na balança de envase que é responsável por manter o padrão no peso dos bags envasados. Na operação de envase, o operador programa automaticamente o valor a ser abastecido no bag (1100 kg) e aguarda o painel sinalizar que o equipamento está pronto para descarga, então o operador aciona o botão e o açúcar é descarregado da balança. Nesta operação de envase, necessita-se de dois operadores, um operando o painel da balança e outro para encaixar os bags na válvula de saída da balança. Então, os bags envasados são movimentados por esteiras lineares que enviam o açúcar para a etapa de armazenagem. Para o armazenagem, é utilizado ponte rolante e um operador para guiar a mesma. O armazém é dividido em 3 partes, com uma ponte rolante para cada área, então o operador da ponte, realiza o engate das alças dos bags no equipamento e armazena em pilhas ao longo do armazém. O fluxo de armazenagem do setor é do tipo FIFO (*first in, first out*), portanto o açúcar envasado é estocado enquanto outros operadores realizam a operação de carregamento por bag, voltada para mercado interno. O processo como um todo é representado pelo fluxograma abaixo.

O setor de armazenagem e expedição de açúcar enfrenta problemas ao longo do seu processo diariamente, sendo o principal de lead time longo causado pelos desperdícios ocorridos no fluxo produtivo. Problemas estes, que afeta a expedição do produto final, resultando em uma não satisfação da cartela de clientes da companhia.

### 4.3 Mapa do estado atual

Após evidenciado o fluxograma com as etapas do processo, tanto industrial quanto no setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar, será detalhado cada etapa juntamente com os dados coletados para realização dos cálculos e construção do mapa do estado atual.

O segmento sucroalcooleiro tem produção sazonal, que varia de acordo com a área disponível de colheita para a safra. O período produtivo de uma planta industrial costuma iniciar-se em abril e seu encerramento varia de setembro a dezembro dependendo do volume de cana a ser processado previsto em plano safra. Após o encerramento da safra, a planta muda totalmente o seu fluxo operacional, que passa de produtivo para manutenção planejada, focado em desmontar, reparar, reforçar e limpar todos os equipamentos da planta, de modo a manter uma alta disponibilidade da unidade no período de safra.

No que tange o setor estudado, seu fluxo operacional muda em partes, pois antes o que era focado em envase da produção e carregamento (mercado interno e externo), passa a ser focado apenas em carregamento interno e limpeza da área. Quanto à disponibilidade de trabalhadores, os colaboradores passam a operar apenas no turno administrativo (07h as 17h). Também é importante reforçar que o setor costuma emprestar alguns colaboradores para as equipes de manutenção devido à alta demanda do período de entressafra.

Como fluxo de demanda da área estudada, os clientes finais fecham seus contratos anuais com o time comercial (responsável pelas negociações e acordos com os clientes). O setor comercial vende o açúcar baseado no plano safra de cada unidade, que mostra a quantidade planejada a ser produzida de açúcar em cada mês. Então, o setor comercial repassa as quantidades e prazos dos contratos para o time de logística e suprimentos da empresa. O setor de logística faz o planejamento operacional do armazenamento e expedição do produto final e repassa as informações através do *S&OP* que é enviado ao time de coordenação e supervisão da área para alinhamento e definição das estratégias internas que serão realizadas no período de safra e entressafra.

A seguir estão os cálculos utilizados em cada etapa do fluxo produtivo para construção do mapa do estado atual, sendo eles: tempo de ciclo (TC), tempo de setup (TR) e disponibilidade real da máquina (UPTIME).

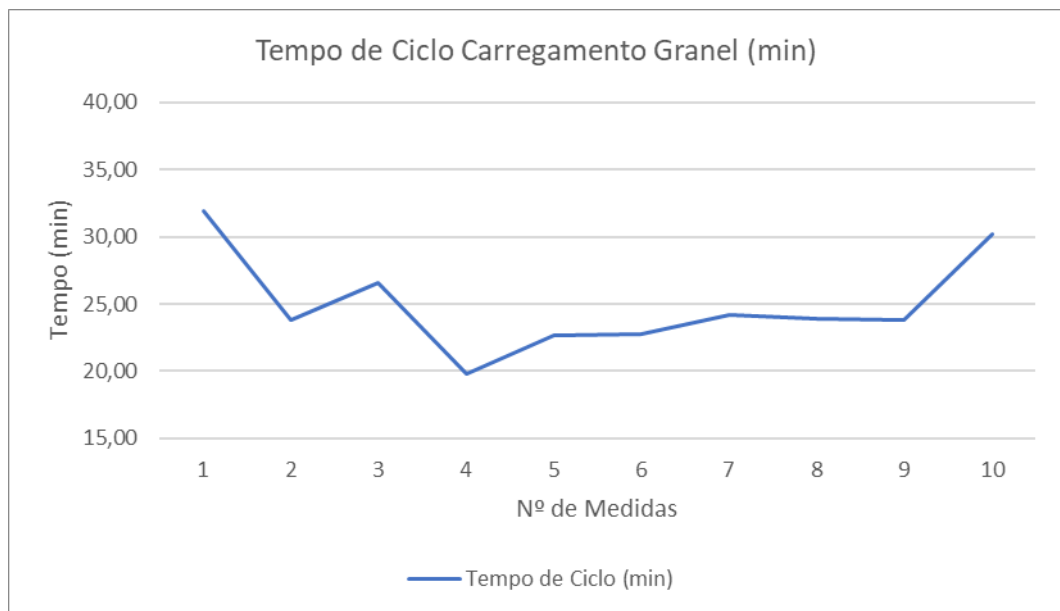
#### 4.3.1 Carregamento Granel

Caso a operação esteja voltada para o carregamento granel, a matéria é destinada ao silo de açúcar através de um botão que aciona automaticamente uma alavanca responsável de direcionar a matéria para o silo. Este equipamento tem capacidade de 180 toneladas e é

interligado com uma balança para efetuar os carregamentos de açúcar VHP exportação. O processo de carregamento a granel se inicia a partir do momento em que o motorista entrega a folha com a ordem de carregamento e o checklist do veículo. A principal informação obtida da ordem de carregamento é a tara do veículo anotado pela balança, pois esse valor será usado no cálculo do volume de açúcar a ser carregado. Após isto, o operador sobe até o primeiro andar e programa na balança o volume calculado. Em seguida, ele acompanha o enchimento da carreta e controla um semáforo que indica ao motorista se ele deve avançar, parar ou dar ré. Após finalização do carregamento, o operador lacra a carreta do motorista terceiro, assina sua ordem de carregamento e o libera para expedição.

O cálculo do tempo de ciclo (TC) para o processo descrito foi medido 10 vezes de início à início a partir do momento em que o operador recebe a ordem de carregamento. Dentre essas medições, encontrou-se como tempo máximo 31,93 minutos e tempo mínimo de 19,77 minutos para realizar um carregamento. O tempo máximo pode ser coletado quando ocorre algumas variações no processo como por exemplo: alto volume de carregamento, falha operacional e falha do equipamento como evidenciado no gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 – Tempo de ciclo de um carregamento granel



Fonte – Autoria própria (2022).

Para definição do tempo de ciclo final do processo de carregamento granel para construção do mapa do estado atual, será calculado a média das 10 medidas, pois as medidas representam a velocidade do processo no dia a dia, portanto tem-se:



Tabela 1 – Medidas tempo de ciclo de um carregamento granel

Nº de medida	Tempo de Ciclo (min)
1	31,93
2	23,82
3	26,58
4	19,77
5	22,63
6	22,72
7	24,17
8	23,87
9	23,78
10	30,20

Fonte – Autoria própria (2022).

Então, para calcular o tempo de ciclo final do processo de carregamento granel, tem-se a equação 4 que representa o cálculo:

$$TC \text{ Carreg Granel} = \frac{\sum \text{Tempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de medidas realizadas}} \quad (4)$$

$$TC \text{ Carreg Granel} = \frac{249,47}{10}$$

$$TC \text{ Carreg Granel} = 24,95 \text{ min por carregamento}$$

$$Desvio \text{ padrão} = 3,66 \text{ min}$$

Para padronização de unidades, será considerado que cada caminhão é carregado com em média 47 toneladas de açúcar (capacidade de carga de um veículo 9 eixos que é a frota de carregamento). Portanto, para uniformização com o *takt time*, o resultado da equação 4 será dividido pela quantidade de açúcar carregado em cada caminhão, representado pela equação 5:

$$TC \text{ Carreg Granel} = \frac{24,95}{47} \quad (5)$$

$$TC \text{ Carreg Granel} = 0,53 \text{ min por tonelada}$$

Já o cálculo do tempo de setup (TR) para o processo de carregamento granel, foi medido a partir das atividades que tem de ser realizadas antes do início do fluxo, a atividade identificada foi a medição do nível do silo para conferência se há produto suficiente para realização do carregamento, a medição é feita por corda com que possui indicações em um intervalo de 0,5

metros variando de 0 metros até 9 metros (equivalente a 180 toneladas). O local de medição é no último andar onde há uma pequena entrada na parte superior do silo possibilitando apenas o lançamento da corda. O tempo médio coletado para esta atividade foi calculado a partir da equação 6:

$$\begin{aligned} \text{Tempo setup (TR)} &= 15 \text{ minutos por turno} & (6) \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 15 * 3 \text{ turnos} \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 45 \text{ minutos} \end{aligned}$$

De acordo com Vieira (2006), a disponibilidade do equipamento ou posto de trabalho condiz ao tempo disponível para operação, medido em porcentagem através da razão entre o tempo disponível para operação (tempo total do expediente subtraído do tempo de troca) e o tempo total do expediente (tempo total dos turnos subtraído das paradas planejadas). Portanto, para o cálculo da disponibilidade (UPTIME) no carregamento granel, tem-se os seguintes dados utilizados posteriormente nas equações 7, 8 e 9:

$$\begin{aligned} \text{Turnos por dia (Tdia)} &= 3 \text{ turnos} \\ \text{Horas por turno (Hturno)} &= 480 \text{ minutos} \\ \text{Refeições por turno (Rturno)} &= 60 \text{ minutos} \\ \text{Parada planejada por turno (Pturno)} &= 30 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo Total disponível} &= Tdia * (Hturno - Rturno - Pturno) & (7) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 3 * (480 - 60 - 30) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 1170 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo disponível} &= \text{Tempo Total disponível} - \text{Tempo de setup (TR)} & (8) \\ \text{Tempo disponível} &= 1170 - 45 \\ \text{Tempo disponível} &= 1125 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Tempo total disponível}} \quad (9)$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{1125}{1170}$$

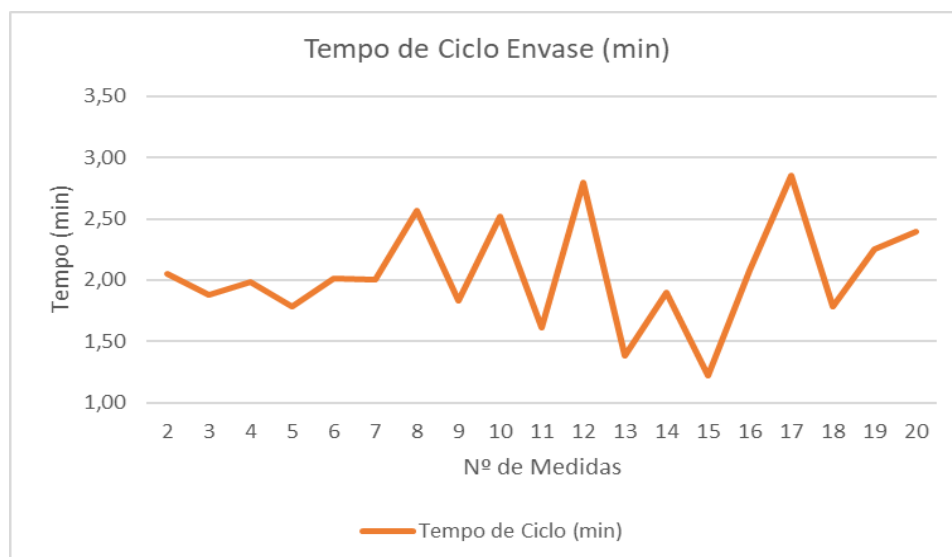
$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = 96,15\%$$

### 4.3.2 Envase

Caso a operação esteja voltada para o envase do produto acabado (armazenamento e expedição de açúcar para mercado interno), então o açúcar é destinado ao *redler* (equipamento utilizados para transporte horizontal de grânéis) através de um botão que aciona automaticamente uma alavanca responsável de direcionar o açúcar que vem do tubulão para o processo de envase. O *redler* direciona o produto para a balança do envase que é responsável por descarregar a quantidade programada no painel. O parâmetro trabalhado na empresa é de 1.100 kg por bag, podendo variar devido à falta de calibração do equipamento. O processo de envase se inicia a partir do momento em que o operador encaixa o bag na válvula de saída da balança, do outro lado, há um operador para acionar o botão de descarga da balança quando ela chega ao parâmetro adotado (1.100 kg). Este outro operador, também é responsável pelo controle de bags envasados, informação essencial para fechamento da produção do turno e controle de açúcar armazenado. O operador que fica no painel também é responsável pela movimentação dos bags pela esteira, controlando as esteiras por botões que movimentam os equipamentos para frente e para trás. Os bags são enviados para etapa de armazenamento em um fluxo FIFO sem estoque no processo.

O cálculo do tempo de ciclo (TC) para o processo descrito foi medido 20 vezes de início à início a partir do momento em que o operador trava o bag na válvula de saída da balança. Dentre essas medições, encontrou-se como tempo máximo 2,85 minutos e tempo mínimo de 1,22 minutos para envasar um bag. O tempo máximo pode ser considerado como algumas variações no processo como por exemplo: falha operacional, falha do equipamento e falha produtiva (fábrica de açúcar) como evidenciados no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Tempo de ciclo envase



Fonte – Autoria própria (2022).

Para definição do tempo de ciclo final do processo de envase para construção do mapa do estado atual, será calculado a média das 20 medidas, pois as medidas representam a velocidade do processo no dia a dia, portanto tem-se:

Tabela 2 – Medidas tempo de ciclo envase

<b>Nº de medida</b>	<b>Tempo de Ciclo (min)</b>
1	1,68
2	2,05
3	1,88
4	1,98
5	1,78
6	2,02
7	2,00
8	2,57
9	1,83
10	2,52
11	1,62
12	2,80
13	1,38
14	1,90
15	1,22
16	2,08
17	2,85
18	1,78
19	2,25
20	2,40

Fonte – Autoria própria (2022).

Então, para calcular o tempo de ciclo final do processo de envase, temos a equação 10 que representa o cálculo:

$$TC\ Envase = \frac{\sum \text{Tempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de medidas realizadas}} \quad (10)$$

$$TC\ Envase = \frac{40,60}{20}$$

$$TC\ Envase = 2,03 \text{ min por bag}$$

$$Desvio\ padrão = 0,43 \text{ min}$$

Para padronização de unidades, será considerado que cada bag é envasado com 1,1 toneladas de açúcar. Portanto, para uniformização com o *takt time*, o resultado da equação 10 será dividido pela quantidade de açúcar envasado em um bag como evidenciado na equação 11:

$$TC\ Envase = \frac{2,03}{1,1} \quad (11)$$

$$TC\ Envase = 1,84\ min\ por\ tonelada$$

Já o cálculo do tempo de setup (TR) para o processo de envase, foi medido a partir das atividades que tem de ser realizadas antes do início do fluxo, ou seja, as atividades preparatórias para dar início ao processo, as atividades identificadas foram o processo de buscar e preparar as embalagens (bags) e alocá-las ao lado do local de envase. Também como tempo de setup foi identificado o processo de preenchimento de alguns dados da folha de controle de bags envasados antes do início do envase. O tempo médio coletado para estas atividades foi calculado a partir da equação 12:

$$Tempo\ setup\ (TR) = 5\ minutos \quad (12)$$

$$Tempo\ setup\ (TR) = 5 * 2\ turnos$$

$$Tempo\ setup\ (TR) = 10\ minutos$$

Portanto, para o cálculo da disponibilidade (UPTIME) no envase, tem-se os seguintes dados utilizados nas equações 13, 14 e 15:

$$Turnos\ por\ dia\ (Tdia) = 2\ turnos$$

$$Horas\ por\ turno\ (Hturno) = 480\ minutos$$

$$Refeições\ por\ turno\ (Rturno) = 60\ minutos$$

$$Parada\ planejada\ por\ turno\ (Pturno) = 30\ minutos$$

$$Tempo\ Total\ disponível = Tdia * (Hturno - Rturno - Pturno) \quad (13)$$

$$Tempo\ Total\ disponível = 2 * (480 - 60 - 30)$$

$$Tempo\ Total\ disponível = 780\ minutos$$

$$Tempo\ disponível = Tempo\ Total\ disponível - Tempo\ de\ setup\ (TR) \quad (14)$$

$$Tempo\ disponível = 780 - 10$$

$$Tempo\ disponível = 770\ minutos$$

$$Disponibilidade\ (UPTIME) = \frac{Tempo\ disponível}{Tempo\ Total\ disponível} \quad (15)$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{770}{780}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = 98,71\%$$

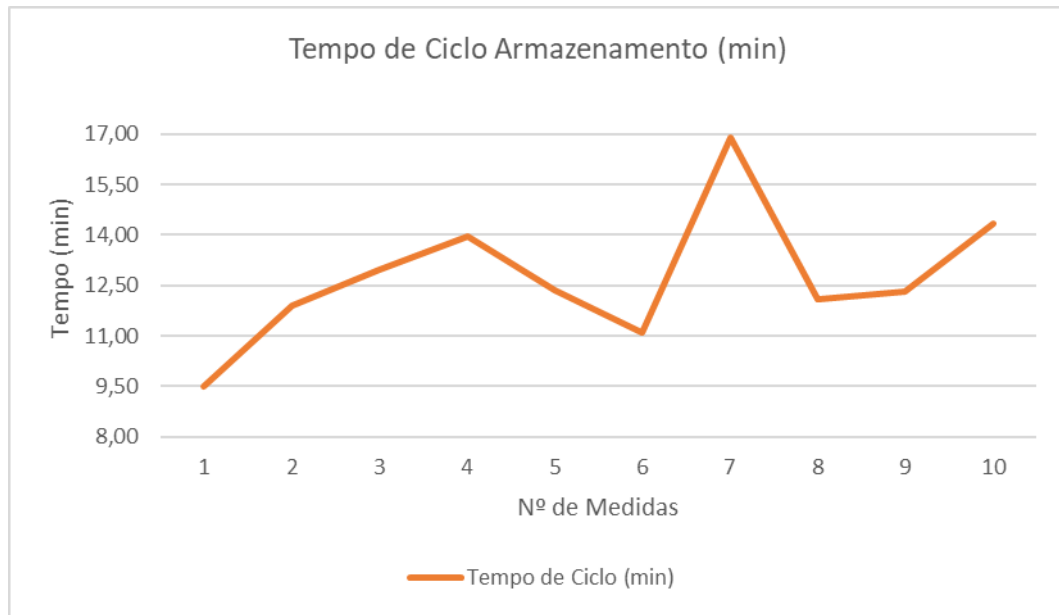
### 4.3.3 Empilhar Bags

Posteriormente ao processo de envase, tem-se o empilhamento dos bags, que consiste na etapa de armazenar o açúcar envasado nos setores subdividido dentro do armazém. O armazém tem capacidade para estocar até 27.500 toneladas de açúcar, esta capacidade é obtida através da forma de empilhamento do produto. Cada setor de armazenamento tem capacidade para uma pilha de 18x38 bags na base até 10x30 bags no último andar da pilha, totalizando 9 andares de empilhamento.

O processo se inicia a partir do momento em que o operador trava os ganchos da ponte rolante nas alças das embalagens (bags) para iniciar o içamento das cargas. Então, o operador controla a movimentação dos bags içados por um controle remoto que movimenta tanto para horizontal como vertical. No armazém, tem-se 3 estrelas disponíveis para o equipamento, sendo duas delas com 3 bags de capacidade de içamento e uma com 4 bags de capacidade, podendo trocar as estrelas para qualquer ponte rolante em que se achar necessário. Então, o operador movimenta os bags içados para o local de empilhamento e estocagem do produto acabado. Caso a pilha que esteja sendo feita, passe do primeiro andar, é necessário cinto de segurança com talabartes ancorados nas alças dos bags para andar sobre a pilha. Após o empilhamento, o operador da ponte volta para buscar mais bags na esteira para dar início ao fluxo novamente.

O cálculo do tempo de ciclo (TC) para o processo descrito foi medido 10 vezes de início à início a partir do momento em que o operador trava os ganchos do equipamento nas alças dos bags. Dentre essas medições foi utilizado apenas estrela com 3 bags e encontrou-se como tempo máximo 16,88 minutos e tempo mínimo de 9,50 minutos para empilhar 3 unidades de bag. O tempo máximo pode ser coletado quando ocorre algumas variações no processo como por exemplo: falha operacional e falha do equipamento como evidenciados no gráfico 3 abaixo:

Gráfico 3 – Tempo de ciclo para empilhar três bags



Fonte – Autoria própria (2022).

Para definição do tempo de ciclo final do processo de armazenamento para construção do mapa do estado atual, será calculado a média das 10 medidas, pois as medidas representam a velocidade do processo no dia a dia, portanto tem-se:

Tabela 3 – Medidas tempo de ciclo para empilhar três bags

Nº de medida	Tempo de Ciclo (min)
1	9,50
2	11,90
3	12,95
4	13,97
5	12,35
6	11,08
7	16,88
8	12,10
9	12,30
10	14,35

Fonte – Autoria própria (2022).

Então, para calcular o tempo de ciclo final do processo de armazenamento, temos a equação 16 que representa o cálculo:

$$TC \text{ Empilhar Bag} = \frac{\sum \text{Tempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de medidas realizadas}} \quad (16)$$

$$TC \text{ Empilhar Bag} = \frac{127,38}{10}$$

$$TC \text{ Empilhar Bag} = 12,74 \text{ min para 3 bags}$$

$$Desvio padrão = 2 \text{ min}$$

Para padronização de unidades, será considerado que cada processo de empilhamento é realizado de 3 em 3 bags, totalizando 3,3 toneladas de açúcar. Portanto, para uniformização com o *takt time*, o resultado da equação 16 será dividido pela quantidade de açúcar envasado em um bag, como evidenciado na equação 17:

$$TC \text{ Empilhar Bag} = \frac{12,74}{3,3} \quad (17)$$

$$TC \text{ Empilhar Bag} = 3,86 \text{ min por tonelada}$$

Já o cálculo do tempo de setup (TR) para o processo de empilhar bags, foi medido a partir das atividades que tem de ser realizadas antes do início do fluxo, ou seja, as atividades preparatórias para dar início ao processo, as atividades identificadas foram o processo *check* visual dos ganchos do equipamento e o tempo até o processo anterior envasar a quantidade de bags compatíveis com a capacidade do equipamento (4 ou 3 bags). O tempo médio coletado para estas atividades foi calculado a partir da equação 18:

$$\begin{aligned} \text{Tempo setup (TR)} &= 10 \text{ minutos} & (18) \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 10 * 2 \text{ turnos} \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 20 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Portanto, para o cálculo da disponibilidade (UPTIME) no processo de empilhar bags, tem-se os seguintes dados utilizados nas equações 19, 20 e 21:

$$\begin{aligned} \text{Turnos por dia (Tdia)} &= 2 \text{ turnos} \\ \text{Horas por turno (Hturno)} &= 480 \text{ minutos} \\ \text{Refeições por turno (Rturno)} &= 60 \text{ minutos} \\ \text{Parada planejada por turno (Pturno)} &= 30 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo Total disponível} &= Tdia * (Hturno - Rturno - Pturno) & (19) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 2 * (480 - 60 - 30) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 780 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\text{Tempo disponível} = \text{Tempo Total disponível} - \text{Tempo de setup (TR)} \quad (20)$$



$$\begin{aligned} \text{Tempo disponível} &= 780 - 20 \\ \text{Tempo disponível} &= 760 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Tempo Total disponível}} \quad (21)$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{760}{780}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = 97,43\%$$

#### 4.3.4 Carregamento Bag

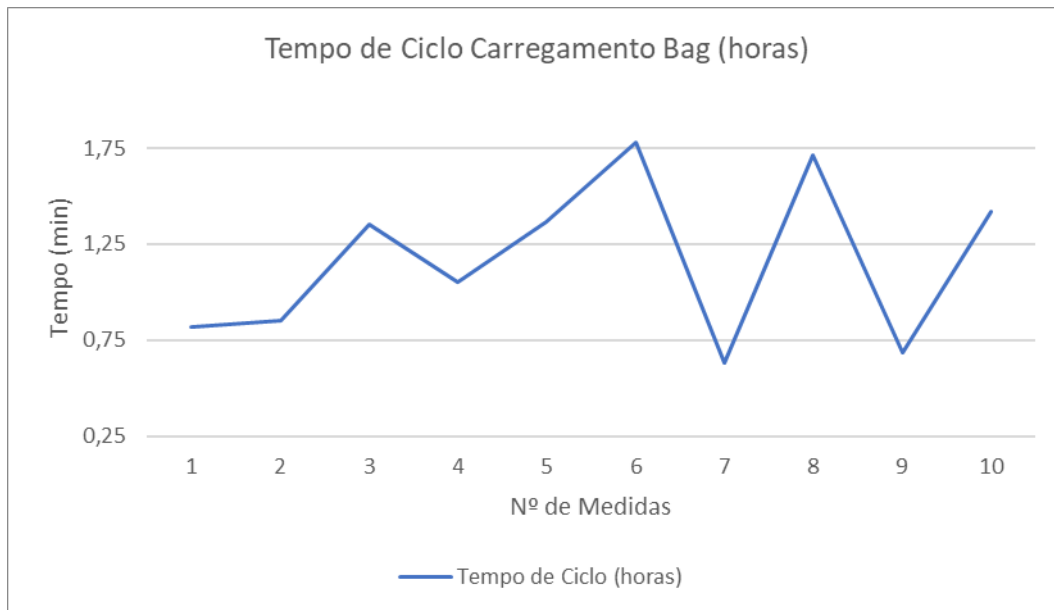
Em paralelo aos processos de envase e empilhamento de bags, tem-se o processo de carregamento por bag, que consiste no atendimento da demanda de retirada do mercado interno (clientes nacionais) através do carregamento de açúcar envasado em bag e armazenado em pilhas. A etapa de carregamento obedece a um fluxo FIFO, carregando aos clientes apenas o primeiro açúcar envasado, mantendo sempre o último armazenado como estoque para ser carregado posteriormente. Neste ciclo, é realizado carregamento em caminhões do tipo graneleiro podendo variar de capacidade dependendo do volume a ser carregado em açúcar. Este volume é calculado similarmente a etapa de carregamento granel, os operadores recebem a ordem de carregamento com a tara do veículo feita pela balança e dessa forma os operadores calculam o volume de açúcar a ser carregado no caminhão.

Para o carregamento em bag, é necessário a mão de obra de no mínimo 2 operadores e no máximo 3 operadores, sendo 2 operadores quando não há empilhamento do produto, ou seja, os bags estão no primeiro andar somente, portanto, o próprio operador da ponte rolante engata os bags para içamento. Já o outro operador fica dentro da carreta alocando os bags. Em caso de empilhamento do produto é necessário mais um operador para ficar na pilha engatando os bags na ponte rolante.

O processo inicia-se a partir do momento em que o operador sobe no caminhão para retirar a lona dele. Após retirada a lona, o caminhão está pronto para receber o produto, então o operador de ponte rolante leva o equipamento até o local em que será retirado o açúcar, como citado acima, se caso os bags estiverem acima do primeiro andar, há um outro colaborador na pilha para travar a alça dos bags nos ganchos do equipamento. Posteriormente, o operador da ponte rolante leva os bags içados até o caminhão e o colaborador que está dentro da carreta auxilia os movimentos a serem feitos no controle para alocar os bags no lugar correto. Após isso, o fluxo inicia novamente até completar o volume de açúcar calculado para carregamento.

O cálculo do tempo de ciclo (TC) para o processo descrito foi medido 10 vezes de início a início a partir do momento em que o operador sobe no caminhão para retirada da lona. Dentre essas medições, encontrou-se como tempo máximo 1,78 horas e tempo mínimo de 0,63 horas para realizar um carregamento completo. O tempo máximo pode ser coletado quando ocorre algumas variações no processo como por exemplo: falha operacional e falha do equipamento como evidenciados no gráfico abaixo:

Gráfico 4 – Tempo de ciclo de um carregamento por bags



Fonte – Autoria própria (2022).

Para definição do tempo de ciclo final do processo de carregamento de bag para construção do mapa do estado atual, será calculado a média das 10 medidas, pois as medidas representam a velocidade do processo no dia a dia, portanto tem-se:

Tabela 4 – Medidas tempo de ciclo de um carregamento por bags

Nº de medida	Tempo de Ciclo (horas)
1	0,82
2	0,85
3	1,35
4	1,05
5	1,37
6	1,78
7	0,63
8	1,72
9	0,68
10	1,42

Fonte – Autoria própria (2022).

Então, para calcular o tempo de ciclo final do processo de carregamento por bag, temos a equação 22 que representa o cálculo:

$$TC \text{ Carreg Bag} = \frac{\sum \text{Tempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de medidas realizadas}} \quad (22)$$

$$TC \text{ Carreg Bag} = \frac{11,67}{10}$$

$$TC \text{ Carreg Bag} = 1,17 \text{ horas}$$

$$Desvio Padrão = 0,41 \text{ horas}$$

$$TC \text{ Carreg Bag} = 70,2 \text{ minutos}$$

$$Desvio Padrão = 25,12 \text{ minutos}$$

Para padronização de unidades, será considerado que cada carregamento de bag realizado, totaliza em média 35 toneladas de açúcar. Portanto, para uniformização com o *takt time*, o resultado da equação 22 será dividido pela quantidade de açúcar carregado em um caminhão, como evidenciado na equação 23:

$$TC \text{ Carreg Bag} = \frac{70,2}{35} \quad (23)$$

$$TC \text{ Carreg Bag} = \frac{70,2}{35}$$

$$TC \text{ Carreg Bag} = 2 \text{ min por tonelada}$$

Já o cálculo do tempo de setup (TR) para o processo de carregamento de bag, foi medido a partir das atividades que tem de ser realizadas antes do início do fluxo, ou seja, as atividades preparatórias para dar início ao processo, as atividades identificadas foram o processo de checklist do caminhão, o bloqueio da chave do motorista, o bloqueio da roda por calço e a retirada dos ganchos da lona. O tempo médio coletado para estas atividades foi calculado a partir da equação 24:

$$\begin{aligned} \text{Tempo setup (TR)} &= 40 \text{ minutos} & (24) \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 40 \text{ minutos} * 2 \text{ turnos} \\ \text{Tempo setup (TR)} &= 80 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Portanto, para o cálculo da disponibilidade (UPTIME) no carregamento de bag, tem-se os seguintes dados utilizados nas equações 25,26 e 27:

$$\begin{aligned} \text{Turnos por dia (Tdia)} &= 2 \text{ turnos} \\ \text{Horas por turno (Hturno)} &= 480 \text{ minutos} \\ \text{Refeições por turno (Rturno)} &= 60 \text{ minutos} \\ \text{Parada planejada por turno (Pturno)} &= 30 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo Total disponível} &= Tdia * (Hturno - Rturno - Pturno) & (25) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 2 * (480 - 60 - 30) \\ \text{Tempo Total disponível} &= 780 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tempo disponível} &= \text{Tempo Total disponível} - \text{Tempo de setup (TR)} & (26) \\ \text{Tempo disponível} &= 780 - 80 \\ \text{Tempo disponível} &= 700 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Tempo Total disponível}} \quad (27)$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = \frac{700}{780}$$

$$\text{Disponibilidade (UPTIME)} = 89,74\%$$

#### 4.3.5 Takt Time

O *takt time* é o tempo que comanda o ritmo produtivo dos processos, portanto, para calcular o *takt* dos processos do setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar, o mesmo será separado em dois cálculos visto que o setor possui duas demandas separadas para mercado interno (clientes nacionais) e mercado externo (clientes internacionais). Cada um possui sua particularidade em seu processo, no mercado interno o açúcar é enviado em bags de 1100 kg, diferente do mercado externo que o açúcar é enviado a granel.

Este importante indicador, é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho por turno (subtraindo os tempos de paradas programadas, refeições, interrupções e outros) pelo volume de demanda do cliente por turno (ROTHER e SHOOK, 2012).

##### 4.3.5.1 Takt Time Carregamento Granel

Para o cálculo do *takt time* do carregamento granel, foi coletado a demanda diária de carregamento prevista pelo atual S&OP como indicado na tabela abaixo.

Tabela 5 – Demanda diária carregamento granel

<b>Demanda Carregamento Granel</b>		
Mês	Qtde	Unid
mai/22	517	ton/dia
jun/22	470	ton/dia
jul/22	470	ton/dia
ago/22	470	ton/dia
set/22	611	ton/dia

Fonte – Autoria própria (2022).

O carregamento granel acompanha a taxa de retirada de açúcar do mercado externo, portanto se relaciona com uma demanda sazonal, com picos de retirada entre toda a safra. Dessa forma, a partir do conceito definido por Rother e Shook (2012), foi calculado um *takt time* para cada mês utilizando o tempo total disponível de trabalho e a demanda nos três turnos, a equação 28 representa o cálculo:

$$Takt \text{ Carreg Granel} = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda Carreg Granel}} \quad (28)$$

$$Takt \text{ Carreg Granel} = \frac{1170}{\text{Demanda Carreg Granel}}$$

Para cada mês tem-se os seguintes tempos:

Tabela 6 – *Takt Time* carregamento granel

<b>Takt Carregamento Granel</b>		
Mês	Takt (min)	Unid
mai/22	2,26	min/ton
jun/22	2,49	min/ton
jul/22	2,49	min/ton
ago/22	2,49	min/ton
set/22	1,91	min/ton

Fonte – Autoria própria (2022).

Dessa forma, foram calculados 5 tempos que ditam o ritmo do processo de carregamento a granel. Para obtenção de apenas um tempo para ser o parâmetro indicativo para análise junto ao tempo de ciclo será utilizado a média dos 3 meses de pico de demanda, de forma a obter o menor *takt* possível sendo capaz de comparar se o processo atual estará pronto para os meses

de maior estresse operacional. Portanto, temos como *takt time* final do processo de carregamento a granel, o seguinte cálculo obtido na equação 29:

$$Takt \text{ Carreg Granel} = \frac{Takt \text{ Maio} + Takt \text{ Junho} + Takt \text{ Setembro}}{Qtde \text{ de meses}} \quad (29)$$

$$Takt \text{ Carreg Granel} = \frac{6,66}{3}$$

$$Takt \text{ Carreg Granel} = 2,22 \text{ min por tonelada}$$

O tempo *takt* para carregamento granel é o tempo em que dita o ritmo produtivo do processo de carregamento granel, processo este que é realizado em paralelo aos outros processos do setor, portanto, o mesmo possui um *takt* separado.

#### 4.3.5.2 Takt Time Carregamento Bag

Para o cálculo do *takt time* do carregamento por bags, foi coletado a demanda diária de carregamento prevista pelo atual S&OP como indicado na tabela abaixo.

Tabela 7 – Demanda diária carregamento bag

<b>Demanda Carregamento Bag</b>		
Mês	Qtde	Unid
mai/22	210	ton/dia
jun/22	245	ton/dia
jul/22	210	ton/dia
ago/22	210	ton/dia
set/22	175	ton/dia

Fonte – Autoria própria (2022).

O carregamento por bags acompanha a taxa de retirada de produto acabado pelos clientes do mercado interno, portanto se relaciona com uma demanda sazonal, com picos de retirada de açúcar durante toda a safra. Dessa forma, a partir do conceito definido por Rother e Shook (2012), foi calculado um *takt time* para cada mês utilizando o tempo total disponível de trabalho e a demanda nos 2 turnos, representado na equação 30:

$$Takt\ Carreg\ Bag = \frac{Tempo\ total\ disponível}{Demanda\ Carreg\ Bag} \quad (30)$$

$$Takt\ Carreg\ Bag = \frac{780}{Demanda\ Carreg\ Bag}$$

Para cada mês tem-se os seguintes tempos:

Tabela 8 – Takt Time carregamento bag

Takt Carregamento Bag		
Mês	Takt (min)	Unid
mai/22	3,71	min/ton
jun/22	3,18	min/ton
jul/22	3,71	min/ton
ago/22	3,71	min/ton
set/22	4,46	min/ton

Fonte – Autoria própria (2022).

Dessa forma, foram calculados cinco tempos que ditam o ritmo do processo de carregamento por bag. Para obtenção de apenas um tempo para ser o parâmetro indicativo para análise junto ao tempo de ciclo será utilizado a média dos 3 meses de pico de demanda, de forma a obter o menor *takt* possível sendo capaz de comparar se o processo atual estará pronto para os meses de maior estresse operacional. Portanto, temos como *takt time* final do processo de carregamento por bag, o seguinte calculo obtido pela equação 31:

$$Takt\ Carreg\ Bag = \frac{Takt\ Maio + Takt\ Junho + Takt\ Julho}{Qtde\ de\ meses} \quad (31)$$

$$Takt\ Carreg\ Bag = \frac{10,6}{3}$$

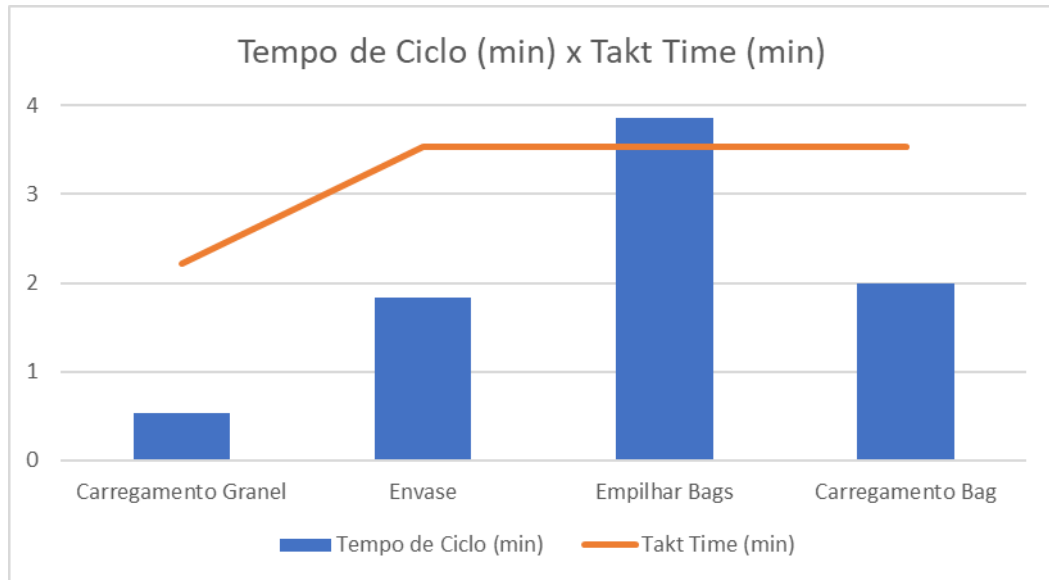
$$Takt\ Carreg\ Bag = 3,53\ min\ por\ tonelada$$

O tempo *takt* calculado evidencia o tempo que dita o ritmo dos processos produtivos voltados para atender a demanda do mercado interno, que são envase, empilhar os bags e carregar os bags, portanto o *takt* calculado representa o processo interno do setor.

A seguir, será evidenciado o desenho do mapa do estado atual do fluxo de valor dos processos do setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar da empresa analisada.

O gráfico 5 representa a relação entre o *takt time* dos dois principais processos do setor comparado com seus respectivos tempos de ciclo.

Gráfico 5 – Tempo de ciclo x *Takt Time*



Fonte: Autoria própria (2022).

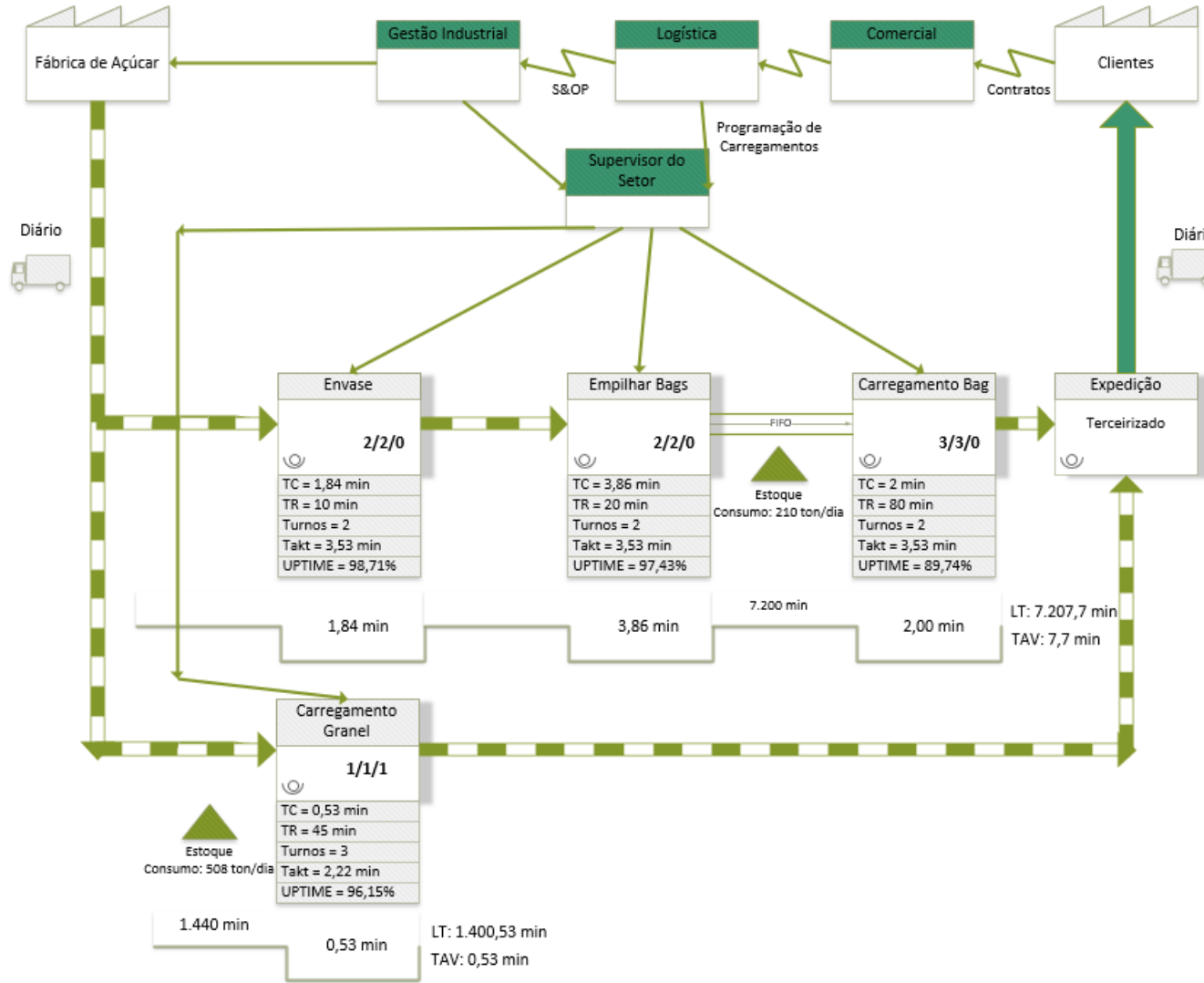
O gráfico apresenta a relação de todas as etapas do setor comparadas com o *takt time*, nota-se que o processo de empilhar bags destaca-se como um gargalo no fluxo, possuindo um tempo de ciclo maior do que o *takt time* para a operação de carregamento de bags, após evidenciado o mapa do estado atual, as melhorias para diminuir este tempo serão apresentadas nas propostas de melhorias e mapa do estado futuro.

#### 4.3.6 Desenho do Mapa do Estado Atual do Fluxo de Valor

Após detalhamento das etapas do processo e calculado os parâmetros, foi realizado o mapa de fluxo de valor (estado atual) do setor de Armazenagem e Expedição de açúcar da empresa estudada.



Figura 8 – Mapeamento do estado atual do fluxo de valor



Fonte – Autoria própria (2022).

## **4.4 Propostas de melhoria e Mapa do Estado Futuro**

### **4.4.1 Estabilidade**

Construído o mapa do estado atual do fluxo do setor, o mesmo será analisado através do elemento estabilidade, que é a base da casa Lean como evidenciado anteriormente na figura x. A análise será em torno dos 4 principais componentes que são: mão de obra, máquina, método e material. De forma a identificar os desperdícios existentes no fluxo como um todo.

#### **4.4.1.1 Mão de Obra**

Ao analisar o fluxo produtivo do presente estudo, nota-se a quantidade de paradas não planejadas no processo, afetando diretamente nos indicadores de produção e na alta taxa de tempo de processamento, criando altos tempos de ciclo nas etapas produtivas. Essas paradas não planejadas podem ser relacionadas as falhas operacionais nos processos, como: erro de setup de carga das balanças de granel e envase, ocasionando em retrabalho; erro de posicionamento de embalagem (bag) no envase, ocasionando no tombamento do bag ao movimentar-se nas esteiras; a falta de check-up da condição da embalagem a ser envasada, ocasionando em envase de produto acabado em bags furados, desperdiçando produto final; erro de empilhamento de bags, ocasionando em retrabalho; erro de cálculo do volume de açúcar a ser carregado, ocasionando em retrabalho. Na busca da eliminação desses eventos, sugere-se a empresa a revisão de seus procedimentos operacionais padrões (POP) bem como o retreinamento de todos os colaboradores, visto que os mesmos criam vícios depois de um longo tempo operando da mesma forma. Além disto, recomenda-se também a implementação e desenvolvimento de um sistema *Jidoka*, de modo a não permitir que as balanças deixem realizar um setup maior que a capacidade suportada.

#### **4.4.1.2 Máquina**

Como citado acima, é notório a quantidade de paradas não planejadas nos processos produtivos, que também podem ser relacionados a falha dos equipamentos. Quando ocorre alguma parada imprevista nos equipamentos em linha, o processo todo fica parado. Essas falhas de equipamentos podem ser descritas como: falta de calibração das balanças, de forma a não enviar o peso programado no painel, ocasionando em uma não acuracidade do açúcar envasado ou carregado a granel; falhas elétrica e mecânica das balanças, ocasionando no equipamento

parado até aguardar manutenção; falha elétrica e mecânica das pontes rolantes, ocasionando no equipamento parado até aguardar manutenção; falta de alinhamento das esteiras de transporte de bags, ocasionando em bags chocando com a estrutura e rasgando, desperdiçando produto acabado no chão; falha elétrica e mecânica das esteiras, ocasionando no equipamento parado até aguardar manutenção. Para eliminação desses eventos, recomenda-se para a equipe de manutenção industrial a implementação de um plano de Manutenção Produtiva Total (TPM), focado na eficiência dos equipamentos, de modo a reduzir as paradas da linha de produção.

#### **4.4.1.3 Método**

Um ponto importante relacionado a metodologia dos processos, é o acompanhamento da produção e das metas inseridas pelo supervisor do setor baseado no plano S&OP feito pelos times de logística e comercial para a safra. Atualmente, o fechamento da produção é repassado apenas para o supervisor do setor, o time de laboratório industrial e os coordenadores de processos. Esta falta de informação ocasiona tanto um baixo processamento (não atendendo a meta de envase) quanto um super processamento (superando a meta de envase). Então, para tornar esta transmissão de informações produtivas, recomenda-se a empresa, o desenvolvimento e instalação de um quadro de gestão a vista, evidenciado a produção turno a turno, o fechamento diário e as metas por turno e dia impostas pelo supervisor de produção, de forma a fomentar um clima competitivo do fluxo de produção, auxiliando nos indicadores da empresa.

#### **4.4.1.4 Material**

Algumas das paradas não planejadas citadas nos parágrafos anteriores podem ser relacionadas a qualidade da matéria recebida. O maior ofensor em retrabalho no setor é o empedramento de açúcar nos bags, ocasionando em registros de não conformidade quando enviado aos clientes. A principal causa de empedramento de açúcar nos bags é a temperatura que o produto sai da linha de produção da Fábrica e a forma de solução é a troca de bags, que consiste na troca do bag empedrado para um novo bag enquanto os colaboradores vão quebrando o açúcar empedrado para escoamento na nova embalagem. Esta operação de troca de bags exige um alto tempo de processamento devido à dificuldade em escoar o açúcar e mão de obra de no mínimo dois operadores. Dessa forma, recomenda-se a empresa uma instalação e desenvolvimento de um sistema *Andon* interligado diretamente com a balança de envase, onde um termômetro faça a aferição da carga antes de ser envasada e faça um barulho ou emita um

sinal caso a temperatura esteja fora da faixa permitida, mitigando o retrabalho na linha produtiva.

#### **4.4.2 Heijunka**

Da mesma forma como analisado na base da casa Lean, foi explorado o fluxo produtivo com olhar voltado para o *Heijunka*. Metodologia esta, que busca o nivelamento de produção, sendo um processo pautado em fixar o nível de produção de forma constante no dia a dia operacional, em suma, o produto deve fluir de forma contínua desde sua chegada em forma de matéria-prima até sua transformação em produto acabado (FERNANDO, 2021).

Para manter os processos do setor, tanto de carregamento de bags ou granel, a liderança de área deve seguir o planejamento estratégico operacional construído pelo supervisor do setor, de forma a estar alinhado quanto os volumes de produção, as metas de envase por turno, a quantidade de carregamento a granel por turno, os locais de armazenamento dos bags dentro do armazém e outros. E como fornecedor do setor, tem-se a Fábrica de Açúcar, que segue um fluxo empurrado, focando em maximizar sempre sua produção para aumento dos indicadores. Dessa forma, acontece desvios de baixo processamento ou super processamento devido ao fluxo de vazão de produto acabado enviado para o setor. Recomenda-se a empresa uma criação de um planejamento que agregue tanto o setor da Fábrica de Açúcar quanto o setor do Armazém de Açúcar, de forma a seguirem um só ritmo, trabalhando com as mesmas metas, mantendo um fluxo de vazão padrão para que os colaboradores do setor estudado façam seu trabalho com segurança e eficiência operacional.

#### **4.4.3 Padronização**

Realizada a análise na visão do *Heijunka*, tem-se a padronização do posto de trabalho, que busca o aprimoramento de uma tarefa padronizada. Ao analisar o fluxo produtivo e sua correlação com abordagens *lean* e padronização, percebe-se que a empresa estudada trabalha com vários processos com padronizações já implementadas através de procedimentos operacionais padrão, instruções, treinamentos, controle de qualidade e segurança do trabalho. Porém, recomenda-se alguns pontos de melhoria que serão citados na sequência.

##### **4.4.3.1 Especificações Padrão**

Uma especificação padrão fornece a informação de como um determinado equipamento ou atividade de ser devidamente operado, evitando falhas operacionais. Desta forma, como principal gargalo do fluxo, nota-se a atividade de empilhar bags com um tempo de ciclo superior

ao seu *takt time*, o principal motivo ofensor deste desvio consiste na capacidade de transporte das esteiras de envase até as pilhas de estoque. Atualmente, o equipamento está com uma capacidade de transporte de apenas 3 bags por vez. Na atividade de carregamento por bags, é utilizado um equipamento que possui capacidade de transporte de 4 bags por vez, não fazendo-se necessário visto que seu tempo de ciclo é bem menor que o seu *takt time*. Portanto, recomenda-se a unidade a troca dos equipamentos, deixando o que tem maior capacidade para suportar o fluxo de empilhamento de bags (reduzindo o seu tempo de ciclo), esta padronização pode ser implementada no próprio procedimento operacional padrão de empilhamento de bags, deixando explícito qual equipamento utilizar para diminuir o tempo operacional do fluxo.

#### **4.4.4 Just in Time (JIT)**

Dando sequência, temos os pilares da casa *lean*, um deles é o *Just in Time* (JIT). Segundo Ghinato (1995), o JIT refere-se ao método de suprir os processos com os itens e as quantidades certas, no tempo e no lugar correto. Ao analisar o mapa do fluxo de valor, nota-se etapas importantes que geram perdas e reprocesso, fazendo-se necessário o uso da melhoria contínua. Dessa forma, sugere-se os seguintes componentes do JIT a serem desenvolvidos:

##### **4.4.4.1 Zero Defeitos**

Para chegarmos no processo de envase, o açúcar passa pelas esteiras horizontais de transporte a granel e envia para a balança de ensaque. Atualmente, o layout do setor conta com duas balanças de envase, sendo que uma está desativada por não possuir esteiras de transporte suficiente para estocagem de bags. Durante as análises e o tempo de estudo no processo, foi percebido que quando enche o pulmão da balança 1, o *redler* (esteira horizontal) envia o açúcar para a balança 2. O produto acabado enviado para a balança 2 tem que ser rotineiramente descarregado para não sobrecarregar o sistema de envase, então o açúcar no pulmão da balança 2 é descarregado em bags que saem sem uma aferição correta do seu peso, não entrando na produção final do turno. Este evento gera desperdícios de processamento, atrapalhando o fluxo operacional de envase, tendo de concentrar mão de obra para resolver o desvio. Portanto, recomenda-se ao time de manutenção industrial, o travamento total deste equipamento, de modo a não enviar produto acabado caso encher o pulmão da balança 1. Caso venha a encher o pulmão, deve parar as esteiras automaticamente e acionar um alerta para o operador do controle de operações industriais.

#### **4.4.5 Jidoka**

O outro pilar que estrutura a casa *lean* é o *jidoka*, que segundo Vilela (2019), é conhecido como um condicionamento do processo, baseado na automatização com a inteligência e toque humano que sintetiza em máquinas inteligentes, mostrando que o conceito é mais correlatado a autossuficiência dos equipamentos do que sua própria automatização. Ao analisar este pilar com o estudo realizado, nota-se pontos de melhoria nos equipamentos nos elementos de máquina (automação) e qualidade (*poka yoke* e *andon*).

##### **4.4.5.1 Máquinas (automação)**

Em uma visão macro do processo (planta industrial), percebe-se o quanto o fluxo já é automatizado. O setor industrial que despende de alta mão de obra é a área estudada. Ao analisar os trabalhos realizados pelo fluxo de valor, nota-se que o processo de setup das balanças tem grande peso no que tange desvios e aumento dos desperdícios, seja de tempo ou retrabalho, pois caso a balança libere um peso em tonelada de açúcar maior que o suportado, o produto sai do padrão e precisa ser retrabalhado. No setor interno, no que tange o processo de envase, caso o operador programe a balança para descarregar um valor acima de 1100kg, a balança realiza a descarga e o bag precisa ser segregado para retirar a sobra de açúcar. No carregamento a granel, caso o operador programe a balança para descarregar um valor acima da capacidade do caminhão, a balança fiscal não libera o caminhão para expedição e o mesmo volta para o setor para retirada da sobra de açúcar. Dessa forma, recomenda-se a empresa, uma revisão geral do sistema de setup das balanças do setor, buscando bloquear o escoamento do produto caso o operador realize um setup de peso fora dos limites de especificação, este trabalho pode ser realizado através da ferramenta A3, utilizada para identificar problemas e propor soluções através do check-up de vários dados como: considerações iniciais, estado atual, objetivo, análise, proposta de melhoria, plano de ação e acompanhamento dos indicadores.

##### **4.4.5.2 Qualidade (Poka Yoke e Andon)**

De acordo com Palange, et al (2021), as ferramentas *Poka Yoke* e *Andon* são métodos pautados nas falhas dos equipamentos. Portanto, são inseridos nos equipamentos e maquinários que constituem o processo produtivo e podem ser usados como detecção de defeitos nas peças. As ferramentas utilizam dispositivos de alerta para identificação rápida do erro ou falha, para dessa forma corrigir e solucionar o problema. Ao analisarmos cada ferramenta individualmente, o *Poka Yoke* é responsável pela prova de falhas, para impedir a recorrência de erros. Ligando esse elemento com um desvio de processo encontrado, é factível sua aplicação no erro de

posicionamento dos bags na esteira de envase, visto que caso posicionado de forma errônea, o bag tomba na movimentação das esteiras, causando gargalo no processo, devido a necessidade de utilização da ponte rolante apenas para levantar o bag novamente para seguir seu fluxo. Como melhoria, recomenda-se um estudo de implementação de *Poka Yoke* na esteira, para evitar que os colaboradores coloquem a embalagem posicionada errada. Na ferramenta *Andon*, a mesma é responsável por disparar sinais sonoros ou visuais para identificar um desvio no fluxo. Atrelando-se aos processos e desvios encontrados, nota-se a necessidade da aplicação da ferramenta no que tange a temperatura do açúcar no carregamento a granel, pois caso esteja fora do limite de especificação de processo, o produto pode empedrar na carreta, fazendo assim com que o caminhão não faça o descarregamento no porto por completo, causando o retrabalho de voltar pra unidade e quebrar o açúcar manualmente dentro do veículo.

#### **4.4.6 Mapa do Estado Futuro**

Consolidadas as análises anteriores abordando as ferramentas e conceitos da casa *lean*, o quadro 1 apresenta as informações sintetizadas e devidamente separadas por elemento, componente, tipo de desperdício, proposta de melhoria, ferramenta *lean* e comentários.

Quadro 1 – Proposta de Melhorias

Elemento	Componente	Tipo de Desperdício	Proposta de Melhoria	Ferramenta Lean	Comentários
Estabilidade	Mão de Obra	Retrabalho	Revisão dos Procedimentos	-	Revisar POPs do setor
Estabilidade	Máquina	Espera	Método para reduzir as falhas dos equipamentos	TPM	Estabelecer planos de manutenção preventiva
Estabilidade	Método	Intelectual	Quadro para aumentar a informação para os colaboradores	Gestão à Vista	Disseminar as principais informações entre os envolvidos
Estabilidade	Material	Retrabalho e Movimentação	Emitir sinal quando a temperatura do açúcar estiver fora do limite	Andon	Aferição de temperatura do açúcar antes do envase
Heijunka	Nívelamento de produção	Superprodução e Espera	Criação de um plano de controle estratégico operacional	Kaizen	Plano que agregue fábrica de açúcar e armazém, para trabalhar no mesmo ritmo
Padronização	Especificações Padrão	Falha operacional	Revisão dos Procedimentos	-	Adicionar na POP o tipo de equipamento para transporte e empilhamento de bags para diminuição do tempo de ciclo
Just in Time	Zero Defeitos	Retrabalho e Espera	Hibernação de equipamento e revisão de automação e fluxo de processos	Kaizen	Travamento para não enviar açúcar para a balança 2
Jidoka	Automação	Retrabalho e Espera	Revisão Geral do setup de peso das balanças	A3	Bloquear o carregamento/envase caso o operador faça um setup errado de peso
Jidoka	Qualidade	Retrabalho e Espera	Estudo para evitar posicionamento errado do bag na esteira de envase	Poka Yoke	-
Jidoka	Qualidade	Retrabalho e Movimentação	Emitir sinal quando a temperatura do açúcar estiver fora do limite	Andon	Aferição de temperatura do açúcar antes do carregamento a granel

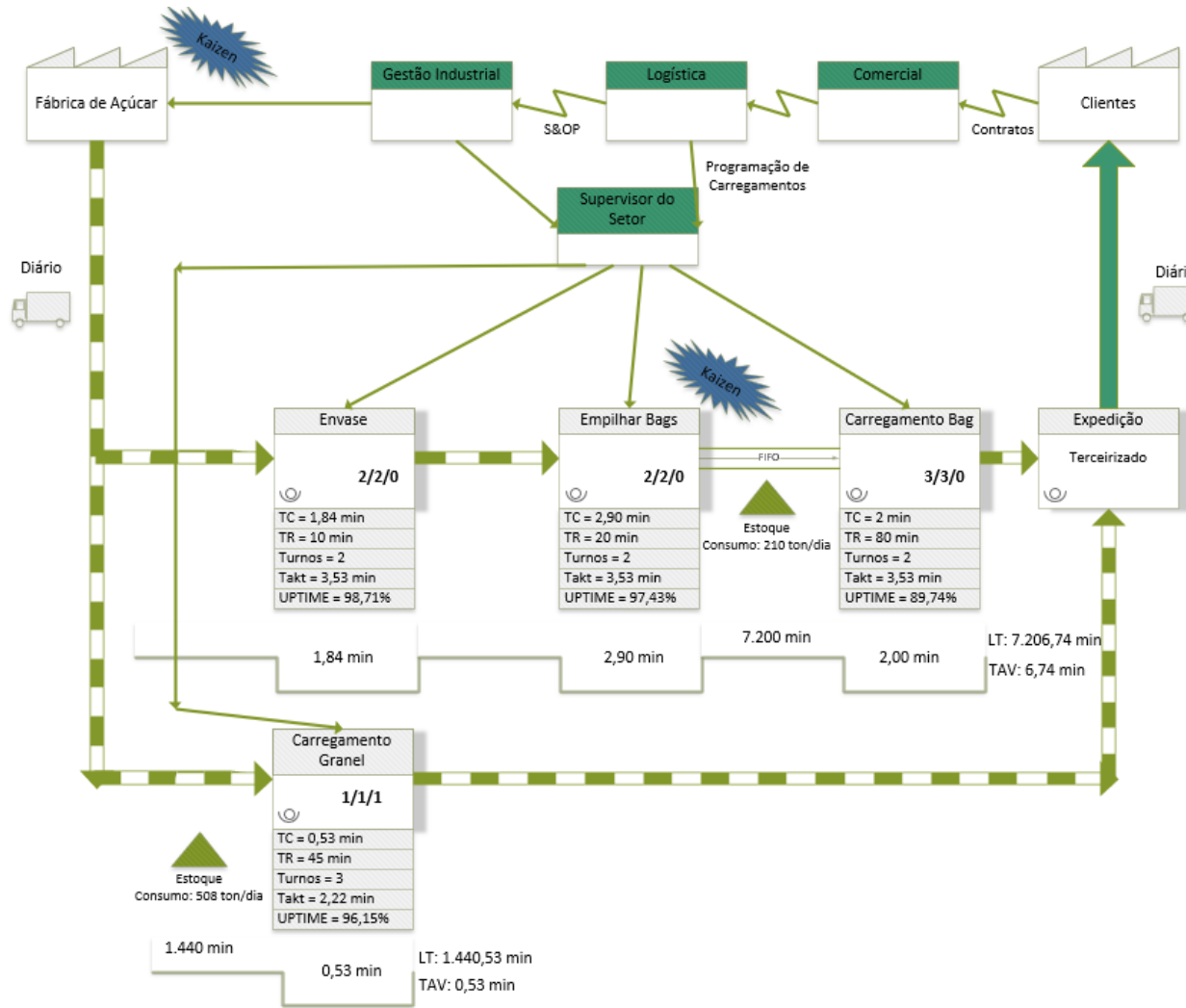
Fonte – Autoria própria (2022).

A figura 9 abaixo representa o mapa do estado atual evidenciando as etapas que foram suscetíveis as melhorias e apresentando o fluxo revisado com as possíveis reduções que poderão ser auferidas. Os processos de fornecimento de produto acabado e empilhamento de bags foram as etapas passíveis de melhorias *Kaizen*. No fornecimento de produto acabado, a melhoria consta no desenvolvimento de um plano interno entre fornecedor (fábrica de açúcar) e armazém de açúcar para trabalharem com as mesmas metas e ritmos produtivos, de forma a não criar desperdícios de alto processamento e espera. Já na etapa de empilhamento de bags, a melhoria



se baseia na revisão do procedimento operacional padrão, de forma a adicionar a utilização específica do equipamento de transporte de bags com maior capacidade (4 bags) na etapa de empilhamento de bags, visto que é o processo que tem maior tempo de ciclo, sobrepassando o *takt time*. Realizando e desenvolvendo as melhorias, acredita-se que o setor consiga reduzir em cerca de 25% no tempo de ciclo da etapa de empilhamento de bag, 12% no lead time geral, equalização de todos processos atendendo o *takt time* estipulado e nivelamento da produção, com fornecedor e recebedor trabalhando no mesmo ritmo e fluxo produtivo, como evidenciado na figura a seguir.

Figura 9 – Mapeamento do estado futuro do fluxo de valor



Fonte – Autoria própria (2022).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões do trabalho

Com um conteúdo pautado na filosofia *lean* e aplicação de suas ferramentas, o estudo realizado analisou o fluxo produtivo do setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar de uma empresa do setor sucroalcooleiro, com o objetivo de identificar os desperdícios predominantes e gargalos no processo, além da proposta de como podem ser trabalhados e melhorados. Dessa forma, o escopo principal foi logrado através da aplicação e desenvolvimento do Mapa do Fluxo de Valor (VSM) para identificação dos pontos críticos do processo e suas respectivas propostas de melhorias.

A construção e desenvolvimento do Mapa do Estado Atual possibilitou a análise dos processos como um todo, segregando o fluxo do setor em dois principais pilares que foram Carregamento Granel e Carregamento de Bag, cada um com seu respectivo ritmo de produção (*takt time*). Dessa forma, foi identificado os principais gargalos e desperdícios na área estudada, trazendo como principal ofensor a etapa de empilhamento de bags que possuía um tempo de ciclo maior que o *takt time*. Ao concentrar os olhares para o processo, notou-se como principal ponto de melhoria a substituição do equipamento que transporta os bags, de forma a alocar um com maior capacidade (de 3 bags para 4 bags). Como possível resultado tem-se uma redução em 25% do tempo de ciclo da operação, agregando em uma diminuição de 12% do lead time total.

Além disto, tem-se como identificação os outros desperdícios nos demais processos mesmo que o tempo de ciclo atenda o *takt time* estipulado. Para estes, foram traçadas propostas de melhorias através das ferramentas *lean* como: TPM; Gestão a Vista; *Andon*; *Kaizen*; A3 e *Poka Yoke*. Caso aplicadas, os processos do setor serão beneficiados tanto em redução de desperdícios, redução de manutenção, aumento de produtividade e acuracidade no controle de estoque e inventário da área. Ressalta-se também a importância da disseminação da filosofia de melhoria contínua na empresa, pautada sempre em eliminar desperdícios e gargalos do processo.

### 5.2 Limitações do estudo

Durante o desenvolvimento do estudo, sobressai como maior dificuldade na localização de bibliografia sobre o tema, particularmente quanto aos trabalhos realizados em uma área

específica como a do presente trabalho, que foi o setor de Armazenagem e Expedição de Açúcar.

Além disto, destaca-se também a dificuldade na coleta de dados dos históricos de demanda da empresa (planos safras anteriores) para estudo e análise do presente trabalho.

### **5.3 Trabalhos futuros**

Como trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um estudo das propostas aqui realizadas, sua implementação e acompanhamento dos processos posteriormente, de forma a construir novos mapas do fluxo de valor para comparação com os realizados neste presente trabalho. Dessa forma, compreende-se quais melhorias foram efetivas no fluxo produtivo.

Para dar continuidade ao estudo, propõe-se também a realização de um estudo aplicado no mesmo setor, porém com viés de outros temas como OEE, S&OP, logística, perdas e fornecedores, visto que são temas relacionados diretamente ao fluxo produtivo da área analisada.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. E GOUVEIA, L. **Pressupostos sobre a pesquisa científica e os testes piloto.** TRS Tecnologia, Redes e Sociedade, 2018. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10284/6509>>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- ARAUJO, RENAN BRUNASSI. **Identificação de oportunidades de melhorias a partir da aplicação do mapeamento de fluxo de valor em uma empresa do setor de instalação e reparação automotiva para veículos pesados.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2021.
- ARAÚJO, W. A. **Ethanol Industry: Surpassing Uncertainties and Looking Forward In: SALLES FILHO, S.L.M. et al. (Org.). Global Bioethanol: Evolution, Risks, and Uncertainties.** London: Elsevier, 2016. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031414000010>>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial.** São Paulo: Atlas, 1993.
- BERTANI, T. M. **Lean healthcare: recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares.** 2012. 166f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- DE CASTRO, MARCOS DANIEL GOMES; SOUZA, DANIEL TADEU. **Gestão da armazenagem: estudo dos benefícios e dificuldades no setor sucroalcooleiro.** X Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2014. Disponível em: < <https://portalidea.com.br/cursos/gerenciamento-logstico-de-armazm-apostila04.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- FERREIRA, C., SÁ, J., FERREIRA, L., LOPES, M., PEREIRA, T., FERREIRA, L. E SILVA, F. **iLeanDMAIC – A Methodology for Implementing the Lean Tools.** Procedia Manufacturing, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919312004>>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-In-Time.** Prod. 5(2). Dezembro 1995. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- GOMES, V.S.M. **O mapeamento do fluxo de valor como mecanismo de aperfeiçoamento no processo produtivo em uma fábrica de eletrodos revestidos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2019.
- GONZALES, K.G.; NEVES, T.G.; SANTOS, C.M. **Abordagens metodológicas de pesquisa: algumas notas.** Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, v. 19, n. 2, p. 217-226, 2018. Disponível em: <

<https://revistaensinoeducacao.pgskroton.com.br/article/view/6025>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

HENDLER, B. **Construção de um software de simulação e modelagem para processo de fermentação alcoólica em batelada alimentada, considerando diauxia para a glicose e a frutose**. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

HIRA, A.; OLIVEIRA, L. G. **No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry**. Energy Policy, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421509001219>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

IKARI, M., RIBEIRO, E., DE FARIAS, E., CANDIDO, F., DE SIQUEIRA, L., & AMARANTE, M. **Aplicação do lean manufacturing em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos**. Revista Pesquisa E Ação, 6(1), 81-104. março, 2020. Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/894/899>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

JANOTTI, P. R.; RODRIGUES, C. I.; RODRIGUES, A. M.; REBELATO, M. G. **A logística do açúcar e do etanol entre usinas paulistas e o porto de santos: um estudo comparativo entre agentes Comerciais**. Revista de Administração da UNIMEP, 2012. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/2737/273723607005.pdf>>. Acesso em: 24 de mar. 2022.

JORNALCANA. **Setor sucroenergético representa 2% do PIB brasileiro, afirma diretor do ITC**: Jornal Cana, Ribeirão Preto, 7 maio 2019. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/setor-sucroenergetico-representa-2-do-pib-brasileiro-afirma-diretor-do-itc>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

KLUCKHOHN, FLORANCE R. **O Método de “Observação Participante” no Estudo de Pequenas Comunidades**. Sociabilidades Urbanas – Revista de Antropologia e Sociologia, v2, n5, p. 29-38, julho de 2018. ISSN 2526-4702.

KRUGER, S.C. DA S., HERZOG, L.G.P., CARMO, C.T., & FORCELLINI, F.A. **Proposta de melhorias no processo de produção de uma panificadora a partir de ferramentas do lean manufacturing**. Exacta. 20(1), 43-66. 2022, jan./mar. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.16854>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

LEONARDO, D.G.; SERENO, B.; SILVA, D.S.A.; SAMPAIO, M.; MASSOTE, A.A.; SIMÕES, J.C. **Implementation of hybrid Kanban-CONWIP system: a case study**. Journal of Manufacturing Technology Management, 2017. Disponível em <<https://repositorio.fei.edu.br/handle/FEI/2163>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 1 ed. Porto Alegre, 2004.

MENDONÇA, A.C.L; MELO, M.E.S. **O uso do lean manufacturing para identificação de desperdícios no processo de fabricação de engates**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2018.

NALLUSAMY, S. **Execution of Lean and Industrial Techniques for Productivity Enhancement in a Manufacturing Industry**. Materials Today: Proceedings, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320341936>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

NETO, FRANCISCO JOSÉ DOMINGUES ET AL. **Economic feasibility of abscisic acid application to uniform ‘Rubi’grapes coloration**. Australian Journal of Crop Science, p. 209-214, 2021. Disponível em: <[https://www.cropj.com/neto\\_15\\_2\\_2021\\_209\\_214.pdf](https://www.cropj.com/neto_15_2_2021_209_214.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2022.

NEVES, M. F.; GERARDI, F.; KALAKI, R. B.; GALI, R. **O setor sucroenergético em 2030: dimensões, investimentos e uma agenda estratégica**. Brasília: CNI Confederação Nacional da Indústria, 2017. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/8/o-setor-sucroenergetico-em-2030-dimensoes-investimentos-e-uma-agenda-estrategica/>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

NOVACANA. **Rentabilidade dos produtos sucroenergéticos caiu em 2021/22, mas segue positiva**. Curitiba-PR, 2022. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/financeiro/rentabilidade-produtos-sucroenergeticos-caiu-2021-22-positiva-020322>>. Acesso em: 23 março 2022.

OHNO, TAIICHI. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALANGE, A. E DHATRAK, P. **Lean Manufacturing a Vital Tool to Enhance Productivity in Manufacturing**. Materials Today: Proceedings, 2021. Disponível em: <<https://www.scribd.com/document/518875310/Lean-Manufacturing-a-Vital-Tool-to-Enhance-Productivity-in-Manufacturing>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

QUEIROZ, A. M. de. **Estruturas de governança no complexo agroindustrial sucroalcooleiro goiano**. 2016. 313 f. Tese (Doutorado em Economia) -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

RAUTENBERG, S., BURDA, A. C., & DE SOUZA, L. **Um workflow para compartilhamento de dados científicos primários baseado em dados abertos conectados**. Revista eletrônica De Biblioteconomia E Ciência Da informação, 23(53), 110-123. 2018. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/147/14762417011/14762417011.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K. **Analysis of the fall of TPM in companies**. Journal of Materials Processing Technology, v. 179, n. 1, p. 276-279, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta**. São Paulo, Lean Institute Brasil, 2012.

SANTOS, PEDRO; FERRAZ, ANDRÉA; SILVA, ANA. **Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (mfv) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso**. Revista Produção Online. Florianópolis,

SC, v. 19, n. 4, p. 1197-1230, 2019. Disponível em: <  
<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/3310/1850>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SILVA, FELIPE PINTO. **O setor sucroalcooleiro no Brasil: características, perspectivas e crise.** In: CONGRESSO SOBER, 56., 2018, Campinas. Anais...Campinas: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2018.

SUNDAR, R.; BALAJI, A. N.; KUMAR, R. S. **A review on lean manufacturing implementation techniques.** Procedia Engineering, v. 97, n. 1, p. 1875-1885, 2014.

VERGOPOLAN, PAULO ROBERTO. **Análise dos sete desperdícios da produção em uma indústria de biscoitos.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

VIANA, S. G.; TORTORELLA, G.; **Aplicação de grupos focados e ciclos de aprendizagem na metodologia do pensamento A3: o caso de aumento da capacidade de retificação em uma siderúrgica.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

VIEIRA, M. G. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção.** 2006. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2006.

VILLELA, L.T. **Proposta de modelo para análise de riscos em projetos Lean Six Sigma.** 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2019.

WOMACK, J. P; JONES, D. T; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.