

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

GABRIEL AUGUSTO ZANOLLA

**ESTUDO DE MELHORIA NO FLUXO OPERACIONAL DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE
GRÃOS EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

GABRIEL AUGUSTO ZANOLLA

**ESTUDO DE MELHORIA NO FLUXO OPERACIONAL DO PROCESSO DE
BENEFICIAMENTO DE GRÃOS EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA DE
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Gilson Adamczuk Oliveira

PATO BRANCO

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE MELHORIA NO FLUXO OPERACIONAL DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE GRÃOS EM UMA UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS

Gabriel Augusto Zanolla

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 27/11/2019 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Profa. Dra. Maria Nalu Verona Gomes
(UTFPR – Departamento de Engenharia Mecânica)

Prof. MsC. Roberto Nunes da Costa
(UTFPR – Departamento de Engenharia Mecânica)

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
(UTFPR – Departamento de Engenharia Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família, sem a qual nada teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao orientador deste trabalho Gilson Adamczuk Oliveira, pela grande ajuda que proporcionou para a finalização do mesmo. Agradeço também a todos os amigos e professores que sanaram dúvidas que ocorreram no andamento do trabalho.

EPÍGRAFE

The problems of victory are more agreeable than those of defeat, but they are no less difficult. (CHURCHILL, Winston).

Problemas que vêm com a vitória são mais agradáveis do que os da derrota, mas igualmente difíceis. (CHURCHILL, Winston).

RESUMO

ZANOLLA, Gabriel. Estudo de melhoria no fluxo operacional do processo de beneficiamento de grãos em uma unidade armazenadora de grãos. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

O seguinte estudo tem como objetivo a melhoria no processo operacional de beneficiamento de grãos de uma unidade armazenadora de grãos, visto que para atender as demandas do mercado por maior qualidade e menor custo de produtos é necessário aprimorar os processos internos, considerando o melhor investimento possível com um amplo retorno. Para isso, é necessário o auxílio de ferramentas contidas na metodologia enxuta, identificando e eliminando gargalos de operação. Porém, é imprescindível realizar uma ampla coleta de dados para então, identificar a causa ou os pontos de anomalias pelas ferramentas disponíveis. Os resultados da aplicação desta metodologia apontaram que dois equipamentos de transporte se apresentaram subdimensionados comparados com a capacidade operacional do restante dos componentes do processo de beneficiamento. Após realizado o cálculo de redimensionamento dos mesmos, conclui-se que são necessárias algumas alterações para atingir a capacidade do restante do processo, cabendo a empresa acatar ou não a proposta de melhoria destes equipamentos.

Palavras-chave: Manufatura enxuta. Melhoria de fluxo operacional. Unidade armazenadora de grãos. Beneficiamento de grãos.

ABSTRACT

ZANOLLA, Gabriel. Study of improvement in the operational flow of the grain processing process in a grain storage unit. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

The following study aims to improve the operational process of grain processing of a grain storage unit, since to meet market demands for higher quality and lower product cost, it is necessary to improve internal processes considering the best possible investment with a broad return. This requires the aid of tools contained in the lean methodology, to identify and eliminate operational bottlenecks. However, these tools require an extensive data collection to identify the cause or points of anomalies. The results of the application of this methodology indicated that two transport equipment were undersized compared to the operational capacity of the remaining components of the processing process. After performing the resizing calculation, it is concluded that some changes are necessary to reach the capacity of the rest of the process, and it is up to the company to accept or not the proposal to improve these equipment.

Keywords: Lean Manufacturing. Operational flow improvement. Grain storage unit. Grain processing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os 7 desperdícios	18
Figura 2 - Muda, Mura e Muri	19
Figura 3 – Guarda-chuva Kaizen.....	21
Figura 4 – Ciclo PDCA	22
Figura 5 - <i>Modelo do Value-Stream Mapping</i>	23
Figura 6 – <i>Layout</i> da empresa.....	27
Figura 7 - Fluxograma 1 do grão na fábrica	28
Figura 8 – Fluxograma 2 do grão na fábrica.....	29
Figura 9 - Componentes do elevador de caçamba.....	31
Figura 10 - Cabeça do elevador	32
Figura 11 - Esticador da Correia	33
Figura 12 – Modelos de caçamba	34
Figura 13 - Tabela geral dos elevadores	35
Figura 14 - Componentes transportador de corrente	36
Figura 15 - Componentes do acionamento	36
Figura 16 - Componentes do corpo <i>redler</i>	37
Figura 17 - Componentes do pé <i>redler</i>	38
Figura 18 - Volume de grão por dia no mês de junho x umidade	40
Figura 19 - <i>Value-stream-map</i>	41
Figura 20 - Elevadores da empresa	42
Figura 21 - Características elevador EA-2 com acionamento por polia.....	43
Figura 22 - Dimensões caçamba normal.....	43
Figura 23 - Tabela geral para elevadores <i>HF</i> - High Flow.....	44
Figura 24 – Dimensões caçamba <i>HF</i>	45
Figura 25 - Tabela elevadores EA-2 <i>HF</i> . Acionamento por polia	46
Figura 26 - Transportador que leva o grão ao elevador	47
Figura 27 - Especificações moto redutor do transportador.....	48
Figura 28 - Tabela geral Transportadores de Corrente	48
Figura 29 - Volume de grão esperado após proposta	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legenda equipamentos <i>Layout</i>	27
Tabela 2 - Capacidade dos equipamentos no processo padrão.	30
Tabela 3 - Volume recebimento de grãos por dia no mês de junho	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 O <i>TOYOTA PRODUCTION SYSTEM</i> (TPS)	16
2.2 O PENSAMENTO <i>LEAN</i>	16
2.3 O VALOR E O DESPERDÍCIO	17
2.4 AS FERRAMENTAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	20
2.4.1 Metodologia 5S	20
2.4.2 <i>Kaizen</i>	21
2.4.3 Clico PDCA	22
2.4.4 Gestão visual	23
2.4.5 <i>Value-Stream Mapping</i> (VSM)	23
2.5 UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS	24
2.5.1 Classificação quanto a entidade	24
2.5.2 <i>Layout</i>	24
2.5.3 Componentes de uma unidade armazenadora de grãos	24
3 METODOLOGIA	26
3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	26
3.1.1 Objetivo da empresa	26
3.2 MATERIAIS	26
3.2.1 <i>Layout</i> da empresa	26
3.2.2 Fluxograma de processos	28
3.3 MÉTODOS	30

3.3.1 Capacidade dos equipamentos	30
3.3.2 Elevadores de caçamba	31
3.3.2.1 Cabeça	32
3.3.2.2 Corpo do elevador	33
3.3.2.3 Pé do elevador	34
3.3.2.4 Modelos de elevadores e de caçambas	34
3.3.3 Transportadores de corrente	35
3.3.3.1 Cabeça do redler	36
3.3.3.2 Corpo do <i>redler</i>	37
3.3.3.3 Pé do <i>redler</i>	37
3.3.3.4 Modelos de transportadores de corrente	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 ANALISE DOS RESULTADOS	39
4.2 PROPOSTA DE REDIMENSIONAMENTO	41
4.3 MODELO ATUAL DO ELEVADOR	42
4.3.1 Proposta de alteração	44
4.4 MODELO ATUAL DO TRANSPORTADOR	46
4.4.1 Proposta de modificação <i>redler</i>	50
4.5 RESULTADOS	51
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A busca por melhorias de processos, uma gestão enxuta, menor custo de mão de obra tem sido constante nas empresas brasileiras, considerando que o consumidor não está disposto a pagar por ineficiências operacionais. Logo, para que as empresas consigam aprimorar seus resultados, faz-se necessário identificar oportunidades internas para melhoria dos processos, e com isso, a redução de custos, sempre considerando o melhor investimento possível em termos de custo benefício.

Para manter uma posição no mercado de bens e consumo, as empresas necessitam melhorar sua maneira de pensar. Por esse motivo a procura por ferramentas como o *Lean Manufacturing* é cada vez mais frequente. O objetivo da ferramenta é principalmente a redução dos desperdícios, sendo eles tudo que não agrega valor ao produto final, consequentemente reduzindo custos de seus produtos e melhorando sua margem operacional para fazer frente à concorrência.

O centro de pesquisa *Lean Enterprise* (LERC, 2004) da faculdade de negócios de *Cardiff* constata que para a maioria de atividades de produção:

- 5% das atividades agregam valor;
- 35% das atividades que não agregam valor são necessárias.
- 60% não agregam nenhum valor.

Dessa maneira, é seguro afirmar que a redução de desperdícios é de extrema importância.

São sete os tipos de desperdícios associados ao *lean*, sendo eles (OHNO, 1988):

- Superprocessamento;
- Superprodução;
- Estoques elevados;
- Movimentação desnecessária;
- Transporte;
- Espera;
- Defeitos.

Tem-se também algumas ferramentas chaves associadas ao *lean* (T. MELTON, 2005):

- *Kaizen*, que significa melhoria contínua para não acontecer estagnação dos processos;
- 5s, uma técnica de organização do chão de fábrica;
- Controle visual, um método de mensurar a performance no chão de fábrica;
- *Single minute exchange of dies* (SMED), que visa reduzir o tempo de preparação das máquinas para produção de um novo produto;
- *Poka-Yoke*, ferramenta que tem como objetivo reduzir a ocorrência de defeitos na produção.

Para identificar os desperdícios existentes no processo de produção, duas ferramentas se destacam, sendo: *Value Stream Mapping* (VSM) e o *Waste Identification Diagram* (WID). São diagramas que permitem avaliar o processo que agrega valor ao produto para planejar quais ferramentas vão ser aplicadas para reduzir o desperdício (CRUZ, 2013).

Este trabalho foi realizado numa unidade armazenadora de grãos que não pode ser citada, sendo está localizada em Pato Branco - PR, onde é realizado o processo de recebimento, beneficiamento, armazenagem e expedição de grãos. A partir da armazenagem, o grão é enviado de acordo com a necessidade das fábricas para fabricação de ração animal.

Após acompanhamento das atividades de beneficiamento da empresa, notou-se possibilidades de melhorias no fluxo operacional para alguns gargalos identificados, possibilitando a diminuição do custo operacional e/ou até a expansão deste fluxo de grãos em toneladas por hora. O processo de beneficiamento tem como objetivo padronizar a qualidade do grão para armazenagem e posterior consumo nas fábricas de rações.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar, identificar, e propor um plano de redução de gargalos, ou até de incremento da produção do beneficiamento de grãos, comparando possíveis resultados com o atual modelo da filial buscando otimizar ao máximo o fluxo operacional desta.

1.2.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- Conhecer e mapear as etapas do processo fabril;
- Identificar os gargalos presentes;
- Estudar maneiras de remover estes gargalos;
- Comparar possíveis resultados com o modelo atual.

1.3 JUSTIFICATIVA

A produção de bens e consumo em escala enfrenta cada vez mais exigências na percepção de custos e qualidade por parte dos consumidores. Sendo que as empresas precisam constantemente aprimorar suas linhas de produção para que o produto final seja de menor custo e melhor qualidade, entende-se que a metodologia *Lean* quando implementada no processo de produção pode contribuir para atender esta constante evolução no mercado e da necessidade do consumidor.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em cinco seções que são relevantes para o entendimento do mesmo. Na primeira seção está contida a introdução do trabalho, assim como seu objetivo e as justificativas para sua execução. A segunda seção é composta da revisão bibliográfica, ou seja, os matérias de estudo para este trabalho se tornar realizável.

A terceira seção descreve um pouco da empresa, os materiais coletados e a metodologia de análise da coleta de dados que são necessários para elaborar uma proposta de melhoria ou alteração.

Na quarta seção serão apresentados os cálculos e resultados necessários para dar continuidade à proposta especificada nos objetivos.

Na quinta e última seção encontra-se a conclusão deste trabalho assim como possíveis melhorias ou futuros tópicos de trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A busca por melhorias de fluxo de produção está completamente atrelada às ferramentas do *lean*, logo neste capítulo serão descritas algumas destas ferramentas que possuem mais relevância neste quesito. As características de uma unidade armazenadora de grãos também serão descritas na seção.

Uma unidade armazenadora possui um fluxo de processo que pode ser comparado a uma linha de produção, deste modo se torna viável a utilização destas ferramentas.

2.1 O TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TPS)

No final de 1949, a Toyota passava por uma época de extrema crise, tendo que dispensar grande parte de seus empregados após um colapso em suas vendas. No fracasso vigor da segunda guerra, o Japão estava em colapso. Era óbvio que seria necessária uma grande revolução na maneira de produzir e pensar para sua recuperação.

A tecnologia de produção ganhou força em meados de 1950 quando o engenheiro japonês Eiji Toyoda, após uma visita à fábrica da Ford *Rouge* em Detroit no ano de 1950 escreveu para sua empresa, a Toyota, que “pensava ser possível melhorar o sistema de produção”. Sabendo que a produção em massa não funcionaria no Japão, deu início ao que foi chamado de *TPS – Toyota production system*, e desde então a metodologia é chamada de produção enxuta (WOMACK, 1990).

2.2 O PENSAMENTO LEAN

O pensamento enxuto é a essência do *lean* abordado em 5 princípios-chaves, que podem ser estendidos para qualquer área ou empresa, em qualquer setor e país (HINES, 2010). São eles:

- Especificar o valor agregado pela perspectiva do cliente, e não pela perspectiva de indivíduos e departamentos;

- Identificar o fluxo de valor, onde se mapeia todos os processos necessários para projetar e produzir algum bem, eliminando tudo que não agrega valor;
- Executar estes processos da maneira mais eficiente possível, sem desperdícios e contratempos;
- Fazer apenas o que é solicitado, reduzindo o estoque;
- Sempre buscar a melhoria contínua e zero defeitos.

É fundamental aderir a estes princípios, e sempre os ter em mente para uma verdadeira redução dos desperdícios.

2.3 O VALOR E O DESPERDÍCIO

Para definir o foco da organização, é necessário determinar o fluxo de processos que agregam valor, e então estabelecer a cadeia de suprimentos de modo mais amplo. Portanto, deve ser encontrada uma direção de ação, fixar em um processo, e verificar se alguma mudança está acontecendo.

Identificar e eliminar os desperdícios é fundamental, porém não é suficiente para sustentar a metodologia *lean*. A Toyota identificou 3 áreas base da implementação: *muda*, *mura* e *muri*. Em geral, as empresas que focam apenas no *muda*, que são os desperdícios, falham na metodologia (HINES, 2010).

Ohno (1988) classificou os desperdícios em 7 tipos, são eles descritos na Figura 1:

Figura 1 - Os 7 desperdícios



Fonte: Escola edti – Marcelo Petenate, 2018.

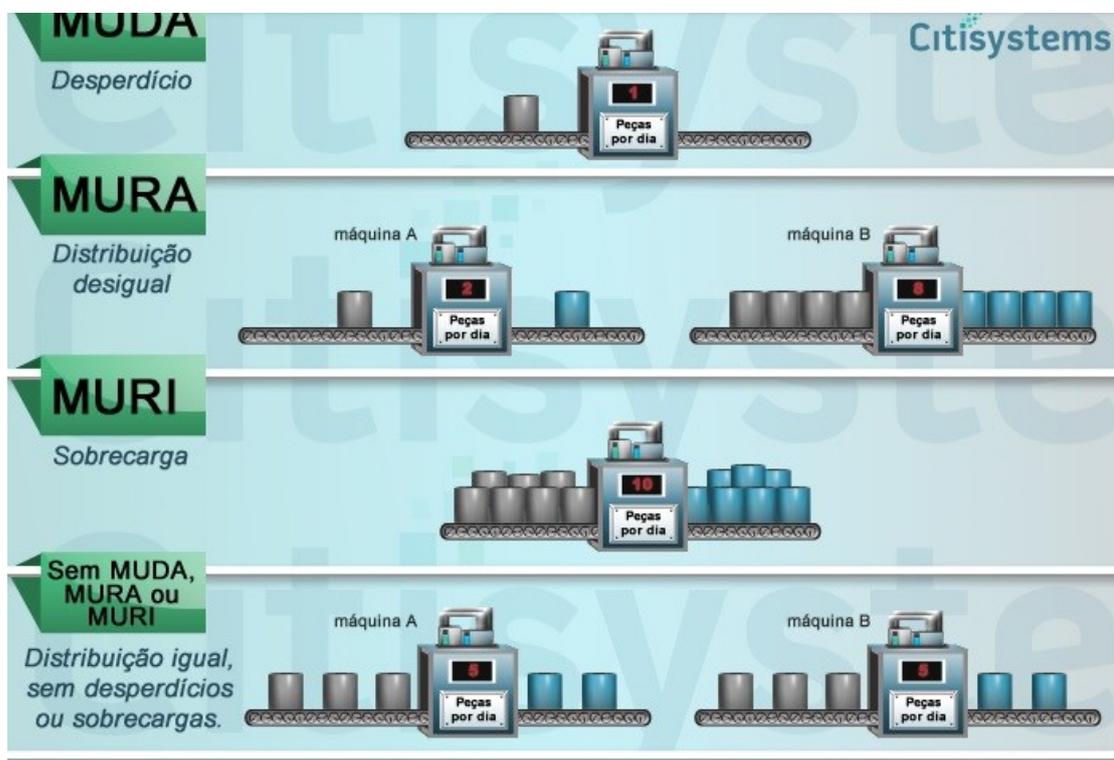
- **Superprodução:** Ocorre quando há muito estoque de um produto, acima da demanda do consumidor. Este desperdício acarreta no aumento de todos os outros.
- **Transporte:** Em geral, grande parte do tempo de processo de algum bem é tomado pelo transporte. É necessário diminuir esta etapa o máximo possível.
- **Movimentação:** Provém da movimentação excessiva de pessoas no processo, sendo por fluxos mal planejados ou má disposição de ferramental.
- **Excesso de processamento:** São procedimentos que não agregam valor ao produto final, gerando custo e atrasos.
- **Defeito:** Produtos que estão abaixo da demanda do cliente. A busca pela eliminação total dos defeitos é um dos pontos fortes das fábricas japonesas.

- **Espera:** É o tempo gasto com máquinas paradas devido a sua preparação ou falta de matéria prima, por exemplo o tempo ocioso de uma secadora de grãos até o seu enchimento ou pelo transporte lento. Pode ocasionar de também deixar um funcionário sem tarefas.
- **Estoque:** Elevados estoques, seja de matéria-prima ou de produto final, geral custos de armazenamento, espaço, e pode esconder defeitos.

O conceito de *mura* é o de padronização de processos, reduzir a desordem e assim ter um guia visual, facilitando o entendimento geral. Este conceito é atrelado ao *Six Sigma* e ao 5W, onde se encontra a raiz do problema e padroniza sua solução.

A ideia do *muri* é a de sobrecarga, impedir que um funcionário ou processo execute várias funções repetitivas no dia a dia, podendo ser solucionado com uma padronização de funções, sendo que muitas vezes os problemas que o funcionário necessita resolver são causados por um mesmo fator. Logo, é necessário diminuir a carga sobre um funcionário para aumentar seu rendimento em tarefas que agregam valor. A Figura 2 abaixo caracteriza os 3M:

Figura 2 - Muda, Mura e Muri



Fonte: Empresa Citissystems, 2014.

2.4 AS FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*

Aqui serão descritas algumas ferramentas desta metodologia, que vão servir de base para a realização deste trabalho.

2.4.1 Metodologia 5S

A gestão moderna de uma empresa não depende apenas de sistemas como a série ISO, hoje a filosofia é pela busca da melhoria contínua, chamada de *Total Quality Control* (TQC). Incorporada à esta filosofia, uma ferramenta muito utilizada devido a seu baixo custo de implementação e relativa facilidade, está a ferramenta 5S (MICHALSKA, 2010).

A ferramenta 5s emergiu do Japão no século XX, primeiramente sendo utilizada no chão de fábrica. Hoje, pode ser incorporada a diversos espaços de trabalho. A sua metodologia consiste em criar e manter um espaço de trabalho limpo e organizado, com a redução de desperdícios é a de criar e manter um espaço de trabalho limpo e organizado, aumento da qualidade e da segurança. Como o nome sugere é dividido em 5 tópicos de origem japonesa, sendo eles:

- **Seiri:** Conceito de organizar, classificar e eliminar materiais desnecessários da área de trabalho. Todo excedente é eliminado ou armazenado em outro local.
- **Seiton:** Senso de ordenar e classificar, sistematização de ferramentas e materiais para o mais rápido e fácil acesso. Tudo deve ter seu próprio lugar, e tudo deve estar em seu lugar (MICHALSKA, 2010).
- **Seiso:** Indica a necessidade de se manter uma área de trabalho limpa e arrumada, com a remoção de pó e outras sujeiras diariamente.
- **Seiketsu:** Conceito de padronização. Facilitar a visualização de processos para fácil entendimento, controle e consistência. Todos devem saber quais são suas responsabilidades e deveres.

- **Shitsuke:** Manter os padrões impostos pelos conceitos anteriores, e assim não desviar dos resultados obtidos pela implementação da ferramenta.

Esta metodologia é amplamente popular devido a mentalidade que se incorpora a fábrica, estimulando a organização e a redução de desperdícios. Todos os trabalhadores devem estar cientes do que está sendo feito, e entendam sua necessidade e finalidade. Leva em conta também a melhora da relação entre empregador e empregado, dos produtos e serviços oferecidos.

2.4.2 Kaizen

A metodologia *Kaizen* consiste na busca da melhoria contínua de uma forma muito ampla, potencializando a produção e no incremento da qualidade sem gastos excessivos. Um dos principais pontos da metodologia é a valorização do trabalhador, que deve ser estimulado para atingir suas metas e deveres, assim como suas necessidades pessoais e realização através do trabalho (FERREIRA, 2002). O *kaizen* também é conhecido como guarda-chuva, pois engloba várias ferramentas, como listado na Figura 3.

Figura 3 – Guarda-chuva Kaizen

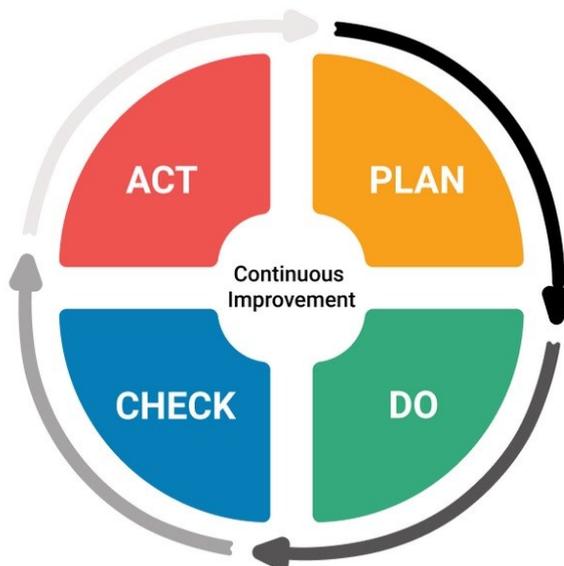


Fonte: Indústria Hoje, 2013.

2.4.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é a metodologia de maior conexão ao *Kaizen*, pois tem como base a melhoria contínua através da rotação cíclica de quatro ações, exemplificado na Figura 4.

Figura 4 – Ciclo PDCA



Fonte: Kanbanize – Gestão Lean, 2019.

- **Plan:** Esta etapa consiste em definir novos padrões de procedimento ou de produção para atingir as metas de qualidade, entrega, moral e segurança impostas pela empresa.
- **Do:** Aplicação dos padrões definidos no estágio anterior a partir de ferramentas como o 5S, junto com o conceito de motivação, união, aprendizado e crescimento para uma boa aplicação.
- **Check:** Item de controle de resultados, é feita a análise em contraste com as metas estabelecidas na etapa de planejamento, e aplicação de *benchmarks*.
- **Act:** É a etapa da atuação corretiva no processo para manter e melhorar os resultados obtidos através do ciclo.

2.4.4 Gestão visual

A gestão visual é um instrumento muito importante de se obter a compreensão dos objetivos por parte de todos na empresa. Facilita a visualização das metas, dos objetivos, e dos meios para alcançar resultados.

O sistema permite identificar com mais facilidade os desperdícios, pois proporciona uma forma mais próxima e intuitiva dos processos.

2.4.5 Value-Stream Mapping (VSM)

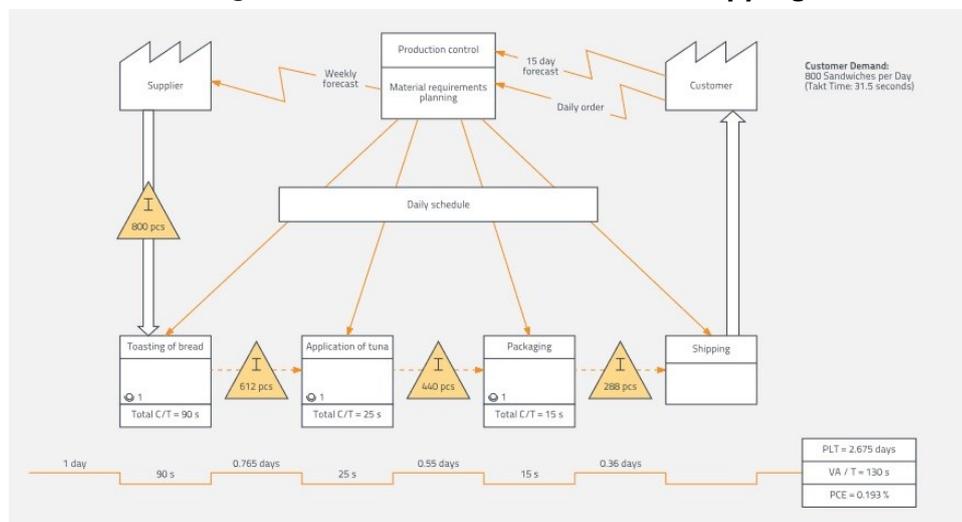
O fluxo de valor se dá por todas as ações que agregam ou não agregam valor necessárias para um produto passar por todas as etapas de produção até sua finalização. A ferramenta permite a visão sob uma perspectiva mais ampla do que olhar apenas para processos individuais, e aprimorando o fluxo de uma forma geral.

O primeiro passo da ferramenta é traçar o estado atual do fluxo através de informações obtidas no chão de fábrica. Então é desenvolvido um plano futuro para o fluxo, com melhorias e redução de desperdícios.

Conclui-se o método propondo uma maneira de atingir o estado futuro planejado na etapa anterior, e assim que este estado comece a se tornar efetivo, é desenhado um novo fluxo, e assim repetindo o ciclo para a melhoria contínua (ROTHER, 2003).

Um modelo de como deve elaborado é exibido na Figura 5.

Figura 5 - Modelo do Value-Stream Mapping



Fonte: Lucid chart – Value Stream Map template, 2019.

2.5 UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS

Esta seção exibe a classificação das unidades armazenadoras, assim como o conjunto de componentes e silos necessários para seu funcionamento.

2.5.1 Classificação quanto a entidade

As unidades armazenadoras de grãos são classificadas em três tipos, são eles (WEBER, 1995):

- **Entidades governamentais:** Estrutura que conta com a participação governamental através de empresas estatais;
- **Cooperativas:** Unidade formada por uma sociedade de pessoas ou empresas;
- **Particulares:** Representa unidades privadas como em fazendas.

2.5.2 Layout

O layout de uma unidade armazenadora leva em conta o projeto civil, mecânico, fluxo do grão, capacidade de operação da unidade, movimentação de veículos, etc.

Atualmente desenvolvido em *softwares* de CAD, facilitam a previsão de todas as etapas de execução, custos, prazos de entrega e até o tempo de retorno do investimento (WEBER, 1995).

2.5.3 Componentes de uma unidade armazenadora de grãos

Os componentes essenciais que uma unidade armazenadora deve possuir são:

- **Moega de recebimento:** Componente pelo qual o grão inicia seu processo após descarga.
- **Elevador de canecas:** Transportador que recebe grãos e efetua o transporte vertical do mesmo, com altura e capacidades variáveis.

- **Máquina de limpeza:** Máquina que efetua a limpeza do grão, retirando impurezas maiores no caso da pré-limpeza, ou impurezas mais leves no caso da pós-limpeza.
- **Transportador de corrente:** Transportador que efetua o transporte horizontal do grão, sendo possível uma leve inclinação e diversas capacidades.
- **Secador:** Através da queima de combustível, aquece um fluxo de ar que é utilizado para retirar umidade do grão.
- **Silos:** Utilizados para armazenamento de grande escala de grãos. Possuem mecanismos de aeração e termometria para controle de temperatura e ventilação dos grãos.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a empresa na qual o trabalho será efetuado, assim como a coleta de informações necessárias para o desenvolvimento do mesmo.

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Este trabalho foi realizado numa filial armazenadora de grãos de uma empresa que não pode ser citada. A fábrica está localizada em Pato Branco, paraná.

3.1.1 Objetivo da empresa

A empresa tem como principal objetivo o armazenamento de grãos diretamente dos produtores rurais da região de Pato Branco, assim desenvolvendo o agronegócio na região. O grão é utilizado para o abastecimento das fábricas de rações dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O processo de compra de grãos está alinhado com a estratégia da empresa respeitando as condições de mercado impostas.

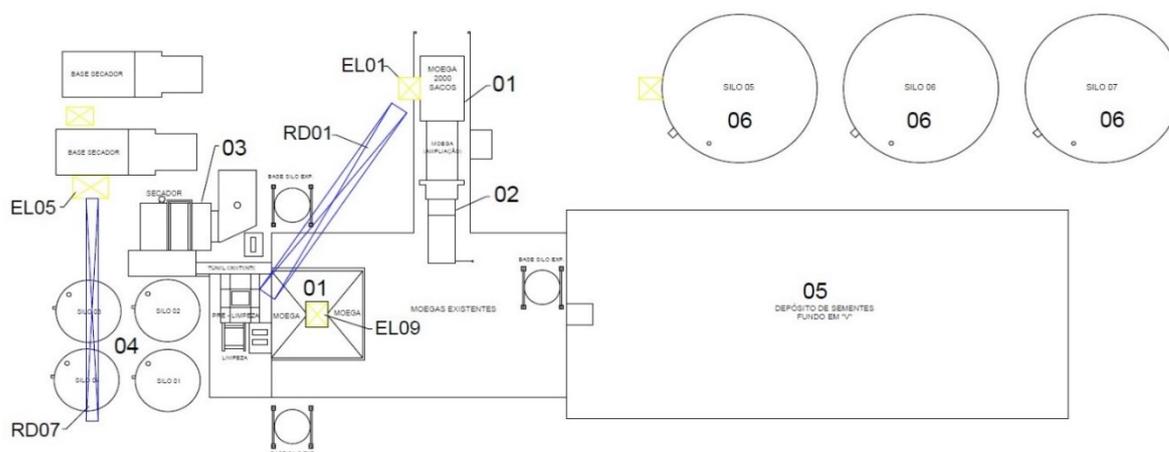
3.2 MATERIAIS

Para dar continuidade neste trabalho, faz-se necessário a coleta de dados da empresa, como *layout*, fluxograma de processos e capacidade dos equipamentos.

3.2.1 *Layout* da empresa

O *Layout* da disponibilização dos equipamentos na empresa é apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Layout da empresa



Fonte: Atual layout fornecido pela empresa, 2019.

Em destaque são alguns equipamentos e máquinas pertinentes para o entendimento do processo, sendo citados na Tabela 1:

Tabela 1 - Legenda equipamentos Layout

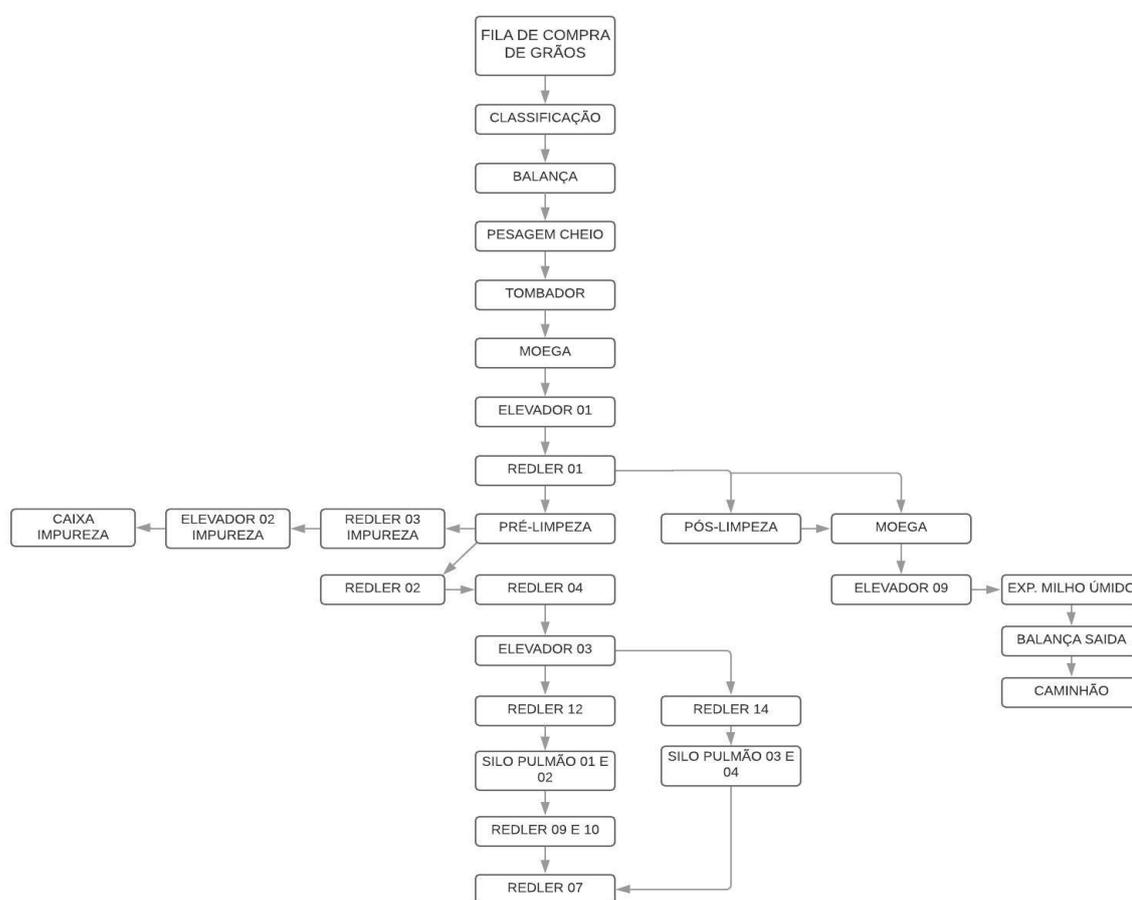
Nº	Equipamento
1	Moega
2	Tombador
3	Secador
4	Silos pulmão
5	Armazém
6	Silos de armazenamento
EL	Elevadores
RD	Transportador de corrente (<i>redler</i>)

Fonte: Autoria própria, 2019.

3.2.2 Fluxograma de processos

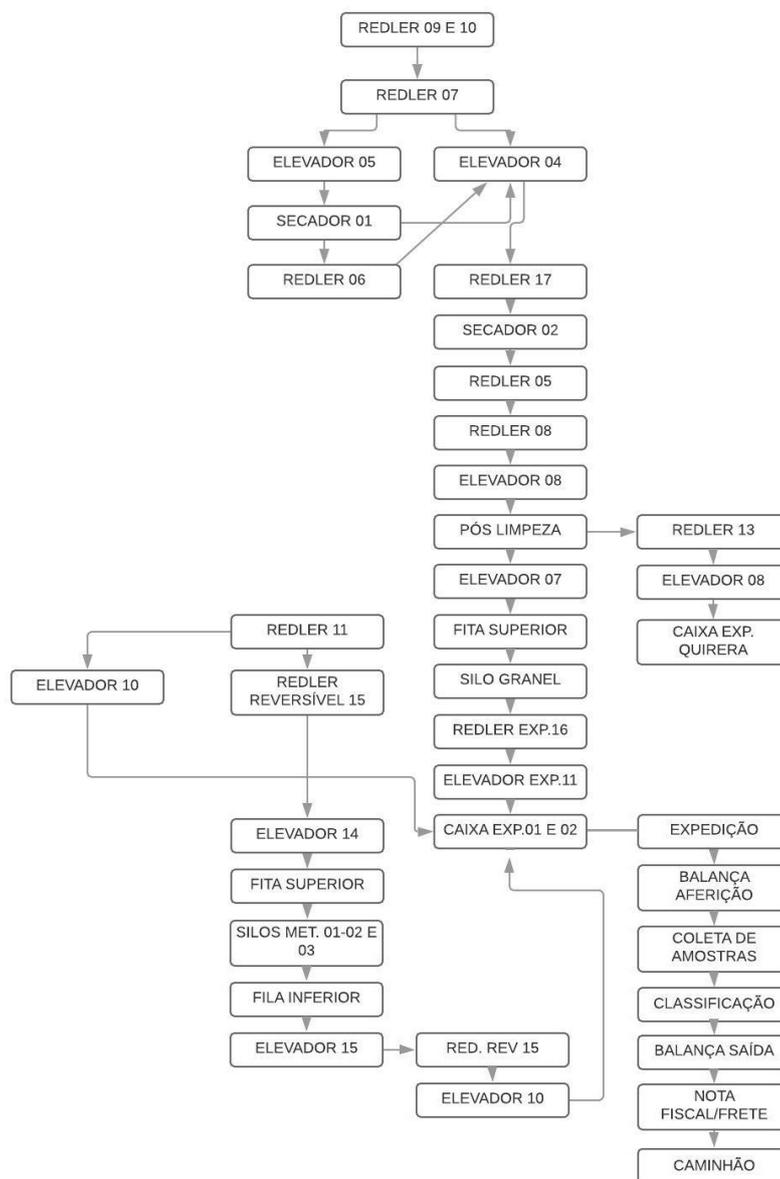
O grão é um produto que não possui uma conformidade, sendo capaz de ser recebido a altas ou baixas umidades, e com muita ou pouca sujeira. Logo, o fluxo depende muito das variáveis do grão, e assim há vários caminhos a serem seguidos desde seu recebimento. A empresa disponibilizou seu fluxograma de processos, sendo exibidos em duas partes, sendo a primeira a Figura 7 e sua continuação na Figura 8.

Figura 7 - Fluxograma 1 do grão na fábrica



Fonte: Fluxo atual disponibilizado pela empresa, 2019.

Figura 8 – Fluxograma 2 do grão na fábrica



Fonte: Fluxo atual disponibilizado pela empresa, 2019.

Para facilitar o entendimento, em seguida está disposto um processo base para o beneficiamento do grão.

Após a classificação e pesagem, o caminhão descarrega no tombador, onde o grão é encaminhado para a moega. Pelo auxílio de elevadores, o grão é transportado para a pré-limpeza, onde são retiradas impurezas mais grossas, como palha ou pedras. Então, é encaminhado por *redlers* para o secador, onde a umidade é reduzida em quatro pontos percentuais por estágio. Após 2 estágios de secagem, o grão é encaminhado para a pós limpeza para a retirada de sujeiras finas. Em seguida uma fita transportadora leva o grão para o armazenamento. Então é feito um controle de qualidade onde é medido a temperatura da massa do grão, a qual é controlada por

um sistema de aeração dentro do silo, com o objetivo de garantir a qualidade do produto final até o tempo de transferência para consumo nas fábricas de rações.

3.3 MÉTODOS

Nesta seção serão descritos os processos a serem realizados para ser possível dar continuidade ao trabalho.

3.3.1 Capacidade dos equipamentos

A empresa disponibilizou as capacidades para os equipamentos listados na Tabela 2

Tabela 2 - Capacidade dos equipamentos no processo padrão.

Equipamento	Capacidade (t/h)
Tombador e Moega	900
Elevador e <i>Redler</i> 01	50
Máquina de Pré-Limpeza	100
<i>Redler</i> e Elevador 03	120
<i>Redler</i> 12	120
<i>Redler</i> 07/09/10	120
Elevador 05	120
Secadores 01 e 02	100
<i>Redler</i> 05/08	120
Elevador 06	120
Máquina de Limpeza	100
Elevador 07	100
Fita transportadora	100

Fonte – Dados coletados na empresa, 2019.

A partir destes dados, deve ser efetuado o *value-stream-map* dos processos que terão enfoque no trabalho.

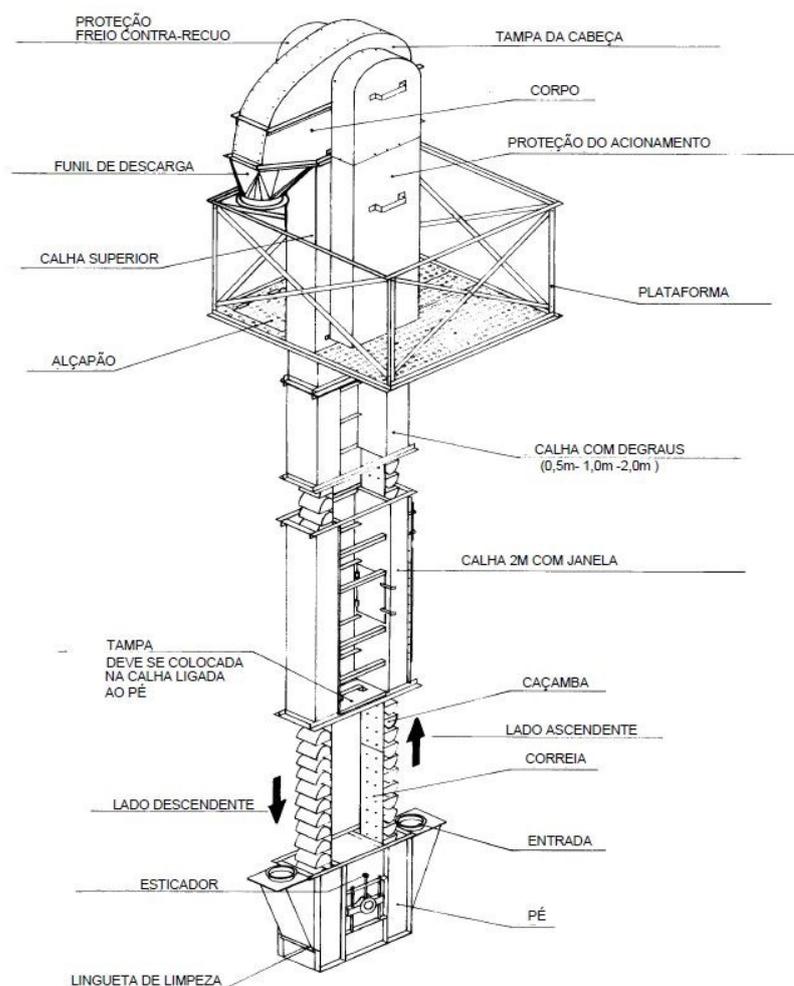
Na Tabela 2, é possível observar que os únicos equipamentos com grande discrepância na capacidade são o elevador e o *Redler*, logo, serão apresentadas mais informações sobre os mesmos nos tópicos seguintes.

3.3.2 Elevadores de caçamba

Utilizados para o transporte vertical, elevam o produto de um plano a outro para dar continuidade no processo de beneficiamento ou armazenamento de grãos. São disponibilizados pelos fabricantes em vários modelos, com várias capacidades e alturas diferentes, de acordo com a necessidade do cliente (WEBER, 1995).

Os elevadores são dispostos principalmente dos componentes listados na Figura 9.

Figura 9 - Componentes do elevador de caçamba



Fonte: WEBER. Armazenagem Agrícola, 1995.

3.3.2.1 Cabeça

Tem como principal função a descarga do produto elevado, em geral os elevadores realizam a descarga pelo sistema centrífugo, com velocidades na ordem de 120 rpm. É importante conhecer o diâmetro do tambor, sua rotação, e também a velocidade da correia para cálculo de capacidade e potência necessária (WEBER, 1995).

Para calcular a velocidade da correia, tem-se a equação:

$$V = \frac{\pi * D * N}{60} \quad (1)$$

Onde: D = Diâmetro do tambor (metros);

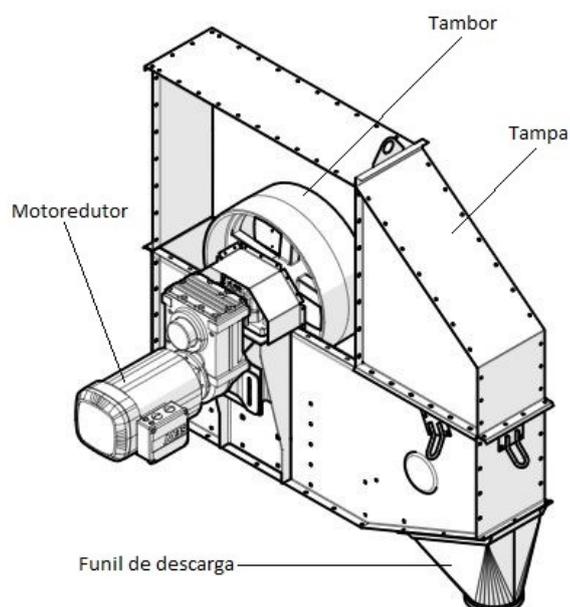
N = rotação do tambor (rpm);

V = velocidade da correia (metros/segundo).

A velocidade ideal da correia geralmente fica em torno de 2,5 m/s a 3,7 m/s.

Os principais elementos da cabeça são descritos na Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Cabeça do elevador



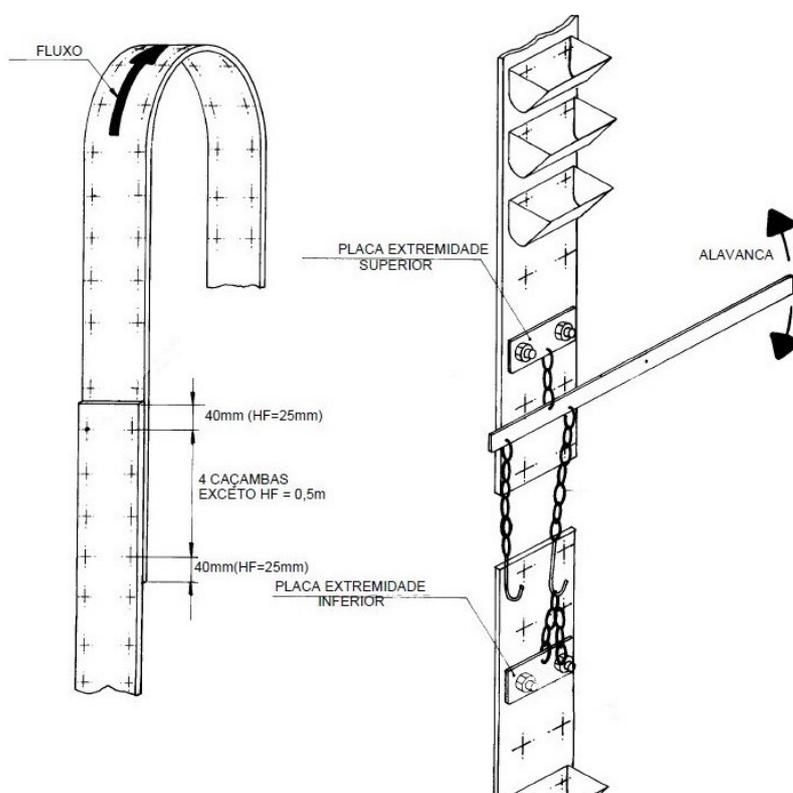
Fonte: Autoria própria, 2019.

- Tambor e moto redutor: Compõe o sistema de acionamento do elevador;
- Tampa: Estrutura da cabeça, com chapa interna anti-desgaste devido ao atrito do grão com a mesma;
- Funil de descarga: Local de saída dos grãos, conectado com o próximo equipamento para dar continuidade ao processo.

3.3.2.2 Corpo do elevador

Segundo Weber (1995), o corpo do elevador é modulado em segmentos fornecidos diferentes tamanhos, fazem a ligação entre o pé e a cabeça do elevador, sendo utilizado um maior ou menor número de módulos dependendo do tamanho desejado do elevador. Os módulos servem também como suporte para a correia e as caçambas, como apresentado na Figura 8, e podem ser esticadas de acordo com necessidade. Um exemplo de correia com a furação das caçambas é apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Esticador da Correia



Fonte: WEBER. Armazenagem Agrícola, 1995.

3.3.2.3 Pé do elevador

Chumbado ao solo sobre uma base de concreto, é onde o elevador recebe o grão proveniente do processo prévio do beneficiamento. Na parte inferior existem registros de limpeza. O pé possui um tambor do tipo gaiola, para evitar o esmagamento de grãos entre o tambor e a correia, além de reduzir a área de contato entre os mesmos.

3.3.2.4 Modelos de elevadores e de caçambas

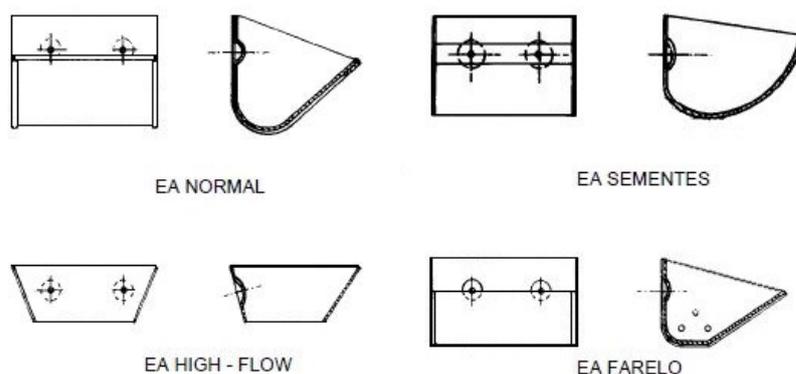
Os elevadores de caçamba contam com os seguintes modelos:

- EA01-05, utilizado para cereais a granel com capacidades de até 300 toneladas por hora e até 50 metros de altura;
- EA01-05 *HF* (*High Flow*), partem do mesmo conceito do modelo anterior, porém este conta com uma caçamba sem fundo, que permite um maior número de caçambas resultando em uma maior capacidade;
- EA01-05 S, similar ao modelo EA, porém utilizado para sementes;
- EA01-05 F, também similar ao modelo EA, mas utilizado para farelo.

Os modelos de interesse para este estudo são os EA01-5, e o modelo EA01-5 *HF*, logo receberão maior foco.

Acompanhado dos elevadores, as caçambas tem os seguintes modelos, exibidos na Figura 12.

Figura 12 – Modelos de caçamba



Fonte: WEBER. Armazenagem Agrícola, 1995.

Pelos manuais dos fabricantes mais conhecidos do ramo, pode-se retirar alguns dados essenciais para o cálculo do dimensionamento, sendo apresentados na Figura 13:

Figura 13 - Tabela geral dos elevadores

TIPO	CAPACIDADE		ALT. MÁX. HT (m)	VELOC. (m/s)	ROTAÇÃO (rpm)	TAMBOR ØSUP x ØINF x LARG	CAÇAMBA NORMAL		
	(t/h)	(m ² x h)					TIPO	CAPAC. (l)	QUANT. / METRO
EA-0	10	13,3	45,73	2,5	120	Ø400 x Ø400 x 140	100x96	0,31	5,6
	15	20							8,3
EA-1	20	26,6	45,10	2,8	107	Ø500 x Ø500 x 170	125x113	0,57	5,6
	30	40							8,3
EA-2	40	53,3	45,47,	3,4	103	Ø630 x Ø630 x 220	180x132	1,00	5,0
	50	66,6							6,2
	60	80							7,3
EA-3	80	106,7	45,67	3,4	103	Ø630 x Ø630 x 340	280x170	2,80	3,8
	100	133,3							4,8
	120	160							5,8
EA-4	200	266,7	50,71	3,0	90	Ø630 x Ø630 x 425	340x184	4,34	6,3
EA-5	300	400	55,83	3,0	65,7	Ø900 x Ø900 x 550	450x220	9,8	4,0
	400	533	55,83						5,3

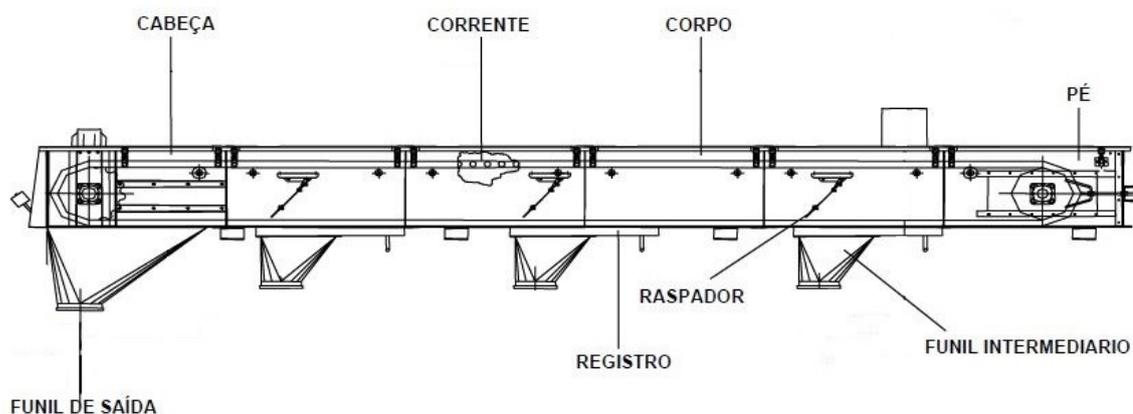
Fonte: Manual de Utilização *Kepler Weber*, 2002.

3.3.3 Transportadores de corrente

Também chamados de *Redler*, são confeccionados em módulos, assim como o elevador, que permite fácil alteração, manutenção, ou limpeza do equipamento. É separado em duas categorias, a de corpo simples e a de corpo duplo.

Composto principalmente dos componentes exibidos na Figura 14.

Figura 14 - Componentes transportador de corrente

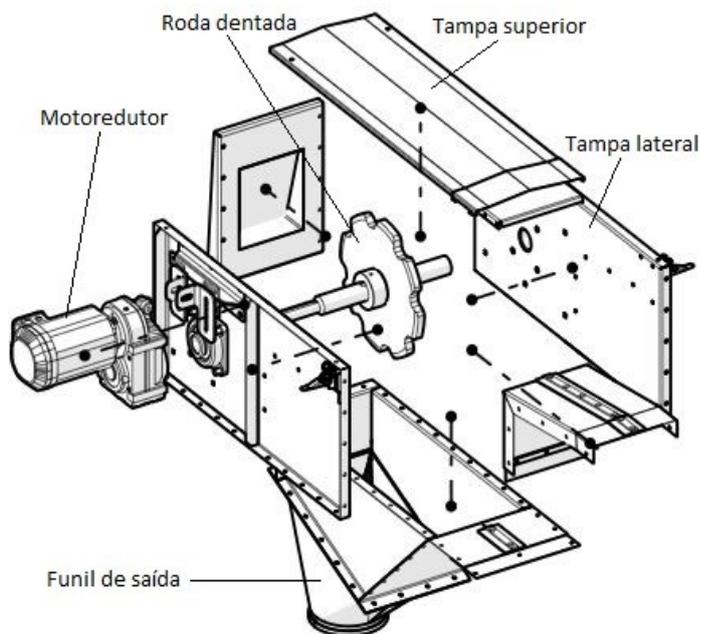


Fonte: WEBER. Armazenagem Agrícola, 1995.

3.3.3.1 Cabeça do redler

A cabeça age como acionamento do equipamento, além de ser o local do funil de saída do produto. Os principais componentes do acionamento são listados na Figura 15.

Figura 15 - Componentes do acionamento



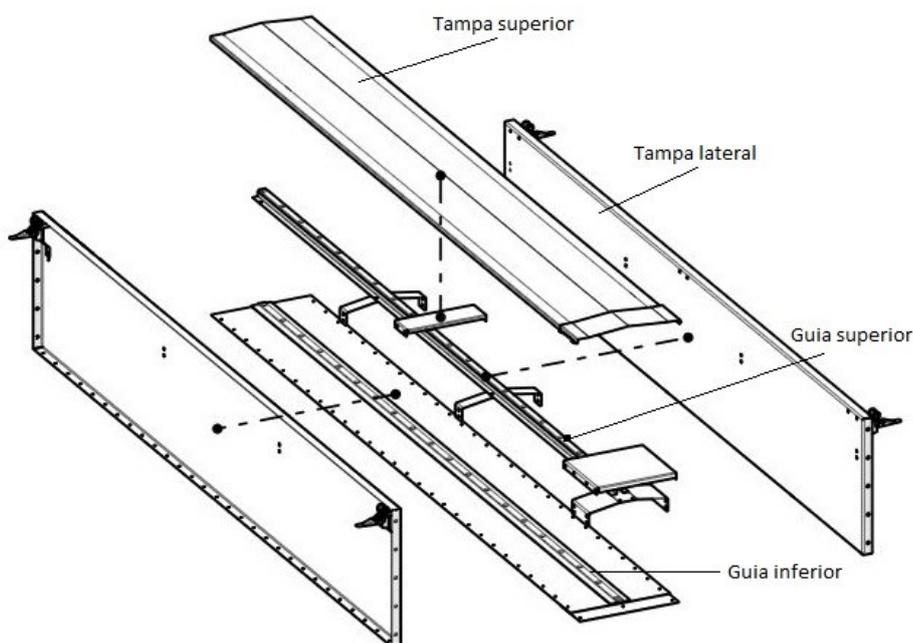
Fonte: Autoria própria, 2019.

3.3.3.2 Corpo do *redler*

Permite a união entre a cabeça e o pé do *redler*. Fornecido em várias larguras e comprimentos. No seu fundo e nas laterais encontra-se um guia de polietileno para a corrente deslizar suavemente e sem atrito com partes metálicas.

Os principais componentes deste módulo são expostos na Figura 16.

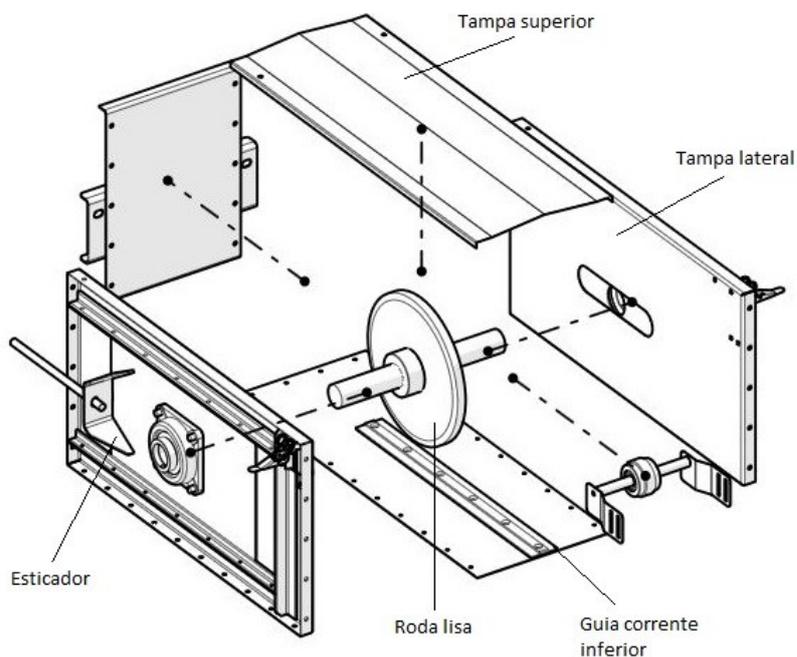
Figura 16 - Componentes do corpo *redler*



Fonte: Autoria própria, 2019.

3.3.3.3 Pé do *redler*

O conjunto do pé funciona como o esticador da corrente, além de ser o local do funil de entrada do produto. A Figura 17 apresenta um exemplo deste conjunto com alguns componentes importantes.

Figura 17 - Componentes do pé *redler*

Fonte: Autoria própria, 2019.

3.3.3.4 Modelos de transportadores de corrente

Os transportadores de corrente são separados principalmente por sua largura de caixa, além da divisão entre corpo simples e duplo. Para a divisão de largura, tem-se:

- RD-160, com 160mm de largura de calha;
- RD-200, com 200mm de largura de calha;
- RD-250, com 250mm de largura de calha;
- RD-280, com 280mm de largura de calha;
- RD-315, com 315mm de largura de calha;
- RD-400, com 400mm de largura de calha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo faz-se uso dos dados e métodos apresentados no capítulo anterior.

4.1 ANALISE DOS RESULTADOS

A empresa disponibilizou a quantidade de recebimento de grãos diários no mês de junho de 2019, em função de sua umidade. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 3:

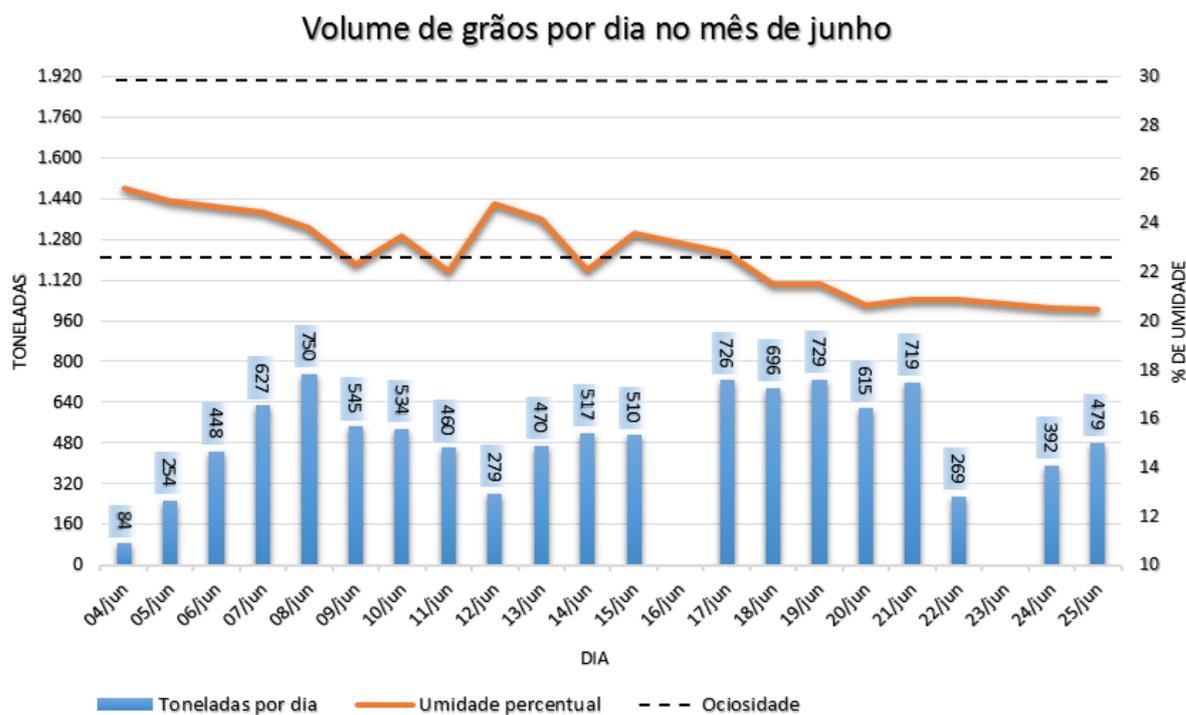
Tabela 3 - Volume recebimento de grãos por dia no mês de junho

Dia/mês	Peso (ton)	Umidade (%)
4/6	84,3	25,4
5/6	254,1	24,9
6/6	447,8	24,7
7/6	627,2	24,5
8/6	750,2	23,8
9/6	544,5	22,3
10/6	534,1	23,5
11/6	460,2	22,0
12/6	279,1	24,8
13/6	469,7	24,2
14/6	517,2	22,1
15/6	510,2	23,6
17/6	725,6	22,8
18/6	696,1	21,5
19/6	729,0	21,5
20/6	615,1	20,6
21/6	718,7	20,9
22/6	268,9	20,8
24/6	392,0	20,5
25/6	478,7	20,5

Fonte: Dados disponibilizados pela empresa, 2019.

Para tornar estes dados mais visualizáveis, serão transformados em um gráfico, indicado na Figura 18.

Figura 18 - Volume de grão por dia no mês de junho x umidade.

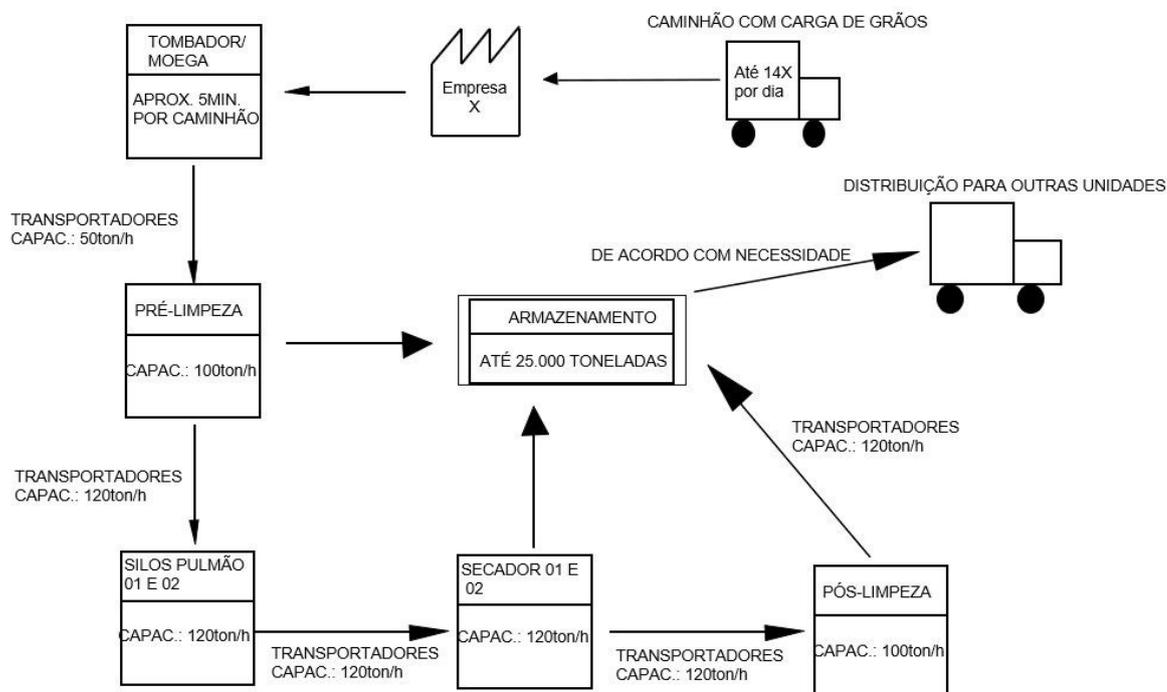


Fonte: Autoria própria, 2019.

Como é possível observar na Figura acima, no início do mês de estudo o grão chegava em menores quantidades e com maior umidade, ao decorrer do mês a umidade diminuiu com uma variação maior no volume. A linha pontilhada em 1200 toneladas representa o atual gargalo devido à alguns equipamentos com menor capacidade de operação, e a linha de 1920 representa a capacidade de operação dos equipamentos restantes. O gráfico retrata a disponibilidade de incrementar a capacidade de operação em 720 toneladas por dia, que ainda possibilita aos equipamentos trabalharem com folga, o que aumenta sua durabilidade.

Efetuada o *Value-Stream-Map* dos dados apresentados na Tabela 2, tem-se na Figura 19 o resultado.

Figura 19 - Value-stream-map.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Após observação destes dados, pode-se perceber que há um grave gargalo nos transportadores Elevador 01 e Redler 01, limitando a capacidade de toda fábrica em 50 toneladas por hora.

4.2 PROPOSTA DE REDIMENSIONAMENTO

Para oferecer uma opção de resolução do problema da empresa, foi proposto o redimensionamento destes transportadores que se encontram abaixo da capacidade operacional esperada pela unidade. Então, foi buscado conhecimento através dos fabricantes brasileiros mais conhecidos do ramo para entender o processo desta mudança. A seguir serão descritos o funcionamento de cada transportador.

4.3 MODELO ATUAL DO ELEVADOR

Em uma visita à empresa foram recolhidas informações sobre o elevador de estudo, exibido na esquerda da Figura 20.

Figura 20 - Elevadores da empresa



Fonte: Autoria própria, 2019.

Características pertinentes:

- Elevador tipo EA-2;
- Capacidade de até 60 toneladas por hora;
- Moto redutor de 15cv, ou 11kW com rotação de 99 rpm. Possui uma taxa de redução de 17,49:1;
- 34,50 metros de altura;
- Em operação há mais de 10 anos;
- Dispõe de 7,3 caçambas por metro.

Como sabe-se o modelo do elevador, foram buscadas mais informações sobre o modelo no manual do fabricante. A Figura 21 descreve algumas características relevantes sobre o modelo EA-2, porém, para acionamento com polia que não é o caso da empresa que utiliza moto redutor, mas são muito similares.

Figura 21 - Características elevador EA-2 com acionamento por polia

Q=40t/h	Q=50t/h	Q=60t/h	MOTOR			ACIONAMENTO					CORREIA "V"	CORREIA ELEV	POLIA DA CABEÇA		
Ht MAX. ATÉ	Ht MAX. ATÉ	Ht MAX. ATÉ	CV	KW	POLOS	D1		D2	D3	D4	D1 / D4	LARG		N.º LONAS	
						50Hz	60Hz								
15,47	11,47	8,47	4	3,0	VI	95-5A	80-5A	-	-	860-5A	5-A144	8"	3	Ø630 LISA	
20,47	15,47	11,47	5	3,7	VI	95-5A	80-5A	-	-	860-5A	5-A144	8"	3	Ø630 LISA	
33,47	25,47	20,47	7,5	5,5	VI	95-5A	80-5A	-	-	860-5A	5-A144	8"	3	Ø630 LISA	
45,47	35,47	28,47	10	7,5	IV	140-4A	112-4A	560-4A	180-4C	630-4C	D1/D2	D3/D4	8"	3	Ø630 LISA
											4-A90	4-C128			Ø630 LISA
-	45,47	37,47	15	9,2	IV	140-4A	112-4A	560-4A	180-4C	630-4C	4-A90	4-C128	8"	3	Ø630 LISA
-	-	45,47	15	10	IV	140-6A	112-6A	560-6A	180-6C	630-6C	6-A90	4-C128	8"	3	Ø630 LISA

Fonte: Manual de Utilização Kepler Weber, 2002.

Da Figura, pode-se retirar as seguintes informações:

- Correia de borracha, tem 8" de largura composta por 3 lonas;
- Tambor da cabeça de 630 milímetros de diâmetro;
- Capacidade de 60 toneladas por hora.

Utilizando a equação (1), pode-se calcular a velocidade linear da correia para este modelo.

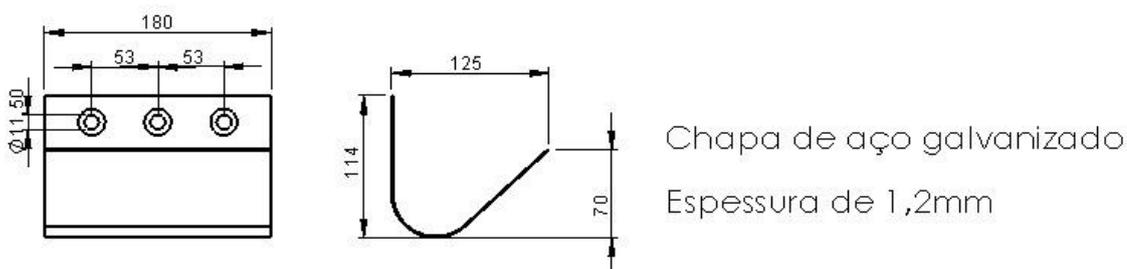
$$V = \frac{\pi \cdot 0,63 \cdot 99}{60} \quad (1)$$

$$V = 3,27 \frac{m}{s}$$

Conforme o item 3.3.1, a velocidade está dentro da faixa recomendada.

A caçamba utilizada tem um litro de volume, com as dimensões apresentadas na Figura 22.

Figura 22 - Dimensões caçamba normal



Fonte: Medidas adquiridas do modelo usado na empresa, 2019.

4.3.1 Proposta de alteração

Para suprir a necessidade de aumento de capacidade, o elevador atual deve torna-se um do tipo EA-2 *High Flow*.

O modelo EA-2 *HF* provém do modelo EA-2, logo utiliza uma estrutura idêntica a este, sendo então a única diferença entre estes modelos a correia, as caçambas, e o moto redutor empregado. Como as caçambas são vazadas, a correia é composta de nove caçambas sem fundo para uma com fundo, além de um maior número de caçambas por metro, assim possibilitando um maior volume de produto carregado.

O manual do fabricante nos proporciona a seguinte tabela (Figura 23) para os modelos *HF*:

Figura 23 - Tabela geral para elevadores *HF* - High Flow

TIPO	CAPAIDADE		ALT. MÁX. Ht (m)	VELOC (m/s)	ROTAÇÃO (rpm)	TAMBOR ØSUP x ØINF x LARG	CAÇAMBA HIGH - FLOW		
	(t/h)	(m³ x h)					TIPO	CAPAC. (l)	QUANT./METRO
EA-0HF	30	40	45,73	2,5	120	Ø400 x Ø400 x 140	101x92	0,27	21,7
EA-1HF	60	80	38,40	2,8	107	Ø500 x Ø500 x 170	129x109	0,47	19,0
EA-2HF	120	160	37,47	3,4	103	Ø630 x Ø630 x 220	180x136	1,00	14,9
EA-3HF	240	320	32,67			Ø630 x Ø630 x 340	280x171	2,46	12,9
EA-4HF	300	400	50,71	3,0	90	Ø630 x Ø630 x 425	336x169	3,23	12,3

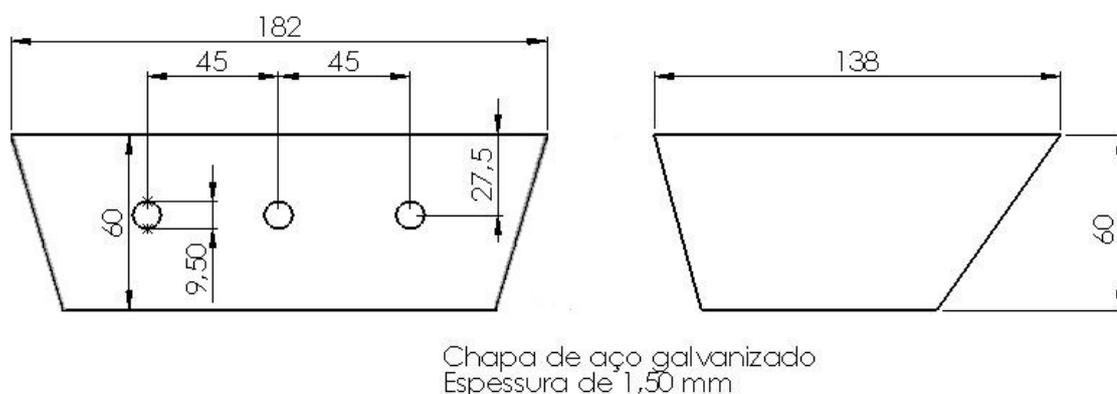
Fonte: Manual de Utilização Kepler Weber, 2002.

Da Figura, pode-se retirar que o modelo EA-2 *HF* possui:

- Capacidade de 120 toneladas por hora;
- Velocidade linear da correia de 3,4 metros por segundo;
- Rotação de 103 rpm;
- 14,9 caçambas por metro.

As caçambas *HF* tem as dimensões especificadas na Figura 24.

Figura 24 – Dimensões caçamba *HF*



Fonte: Medidas e modelo retirados do manual da fabricante Kepler Weber, 2002.

Para o bom funcionamento das caçambas furadas, é necessário ter um menor passo entre elas, sendo praticamente dobrada a quantidade de caçambas por metro.

Considerando uma distância entre eixos de 33,0 metros, tem-se uma correia com um comprimento total de 69,50 metros, resultando em aproximadamente 1035 caçambas. Como o volume de produto carregado dobrou, também é necessário selecionar um novo moto redutor que suprirá este aumento de torque para manter constante a velocidade da correia e rotação do tambor atual.

Para calcular a potência necessária para o novo moto redutor tem-se a seguinte equação (2):

$$P = \frac{Q \cdot (H_o + H_s)}{310} \quad (2)$$

Onde: $Q = \text{Capacidade} \left(\frac{t}{h} \right)$;

$H_o = \text{Distância entre eixos (m)}$;

$H_s = 0,15 \cdot V^2 + 1,2 \cdot V \text{ (m)}$;

$P = \text{Potência do motor (kW)}$;

$V = \text{Velocidade linear da correia, } V = 3,4 \frac{m}{s}$.

Calculando H_s tem-se,

$$H_s = 0,15 \cdot (3,4)^2 + 1,2 \cdot (3,4);$$

$$H_s = 5,8 \text{ (m)}$$

É necessário multiplicar Q por um fator de segurança de 1,2. Logo,

$$Q = 120 * 1,2 = 144 \left(\frac{t}{h}\right)$$

Voltando então a equação (2), resulta-se que a potência necessária para o moto redutor é de:

$$P = \frac{144 * (33,0 + 5,8)}{310}$$

$$P = 18,0 \text{ (kW)}$$

Arredondando para um valor comercial, deve ser selecionado um moto redutor de 18,5 kW, ou 25 CV. Para os modelos EA-2 HF, os fabricantes recomendam a seguinte tabela (Figura 25):

Figura 25 - Tabela elevadores EA-2 HF. Acionamento por polia

Q=120t/h	MOTOR			ACIONAMENTO					CORREIA "V"		CORREIA ELEV.		POLIA DA CABEÇA	
	Ht MAX. ATÉ	CV	KW	POLOS	D1		D2	D3	D4	D1/D4		LARG		NºLONAS
					50Hz	60Hz				D1/D2	D3/D4			
7.47	7.5	5.5	VI	95-5A	80-5A			860-5A	5-A144		8"	3	Ø630 LISA	
11.47	10	7,5.	IV	140-4A	112-4A	560-4A	180-4C	630-4C	D1/D2	D3/D4	8"	3	Ø630 LISA	
									4-A90	4-C128				
15.47	12,5	9.2	IV	140-4A	112-4A	560-4A	180-4C	630-4C	4-A90	4-C128	8"	3	Ø630 LISA	
20.47	15	11.0	IV	140-6A	112-6A	560-6A	180-6C	630-6C	6-A90	6-C128	8"	3	Ø630 LISA	
28.47	20	15.0	IV	140-6A	112-6A	560-6A	180-6C	630-6C	6-A90	6-C128	8"	3	Ø630 EMB..	
37.47	25	18.5	IV	160-6B	125-6B	630-6B	2x180-4C	2x630-4C	6-B97	2x4-C128	8"	4	Ø630 EMB..	

Fonte: Manual de Utilização Kepler Weber, 2002.

Como o acionamento escolhido é por moto redutor, desta Figura acima deve utilizado apenas a sugestão para a correia, de oito polegadas de largura com um número de quatro lonas.

4.4 MODELO ATUAL DO TRANSPORTADOR

Após visita na empresa, foram coletadas as informações sobre o transportador de corrente, apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Transportador que leva o grão ao elevador



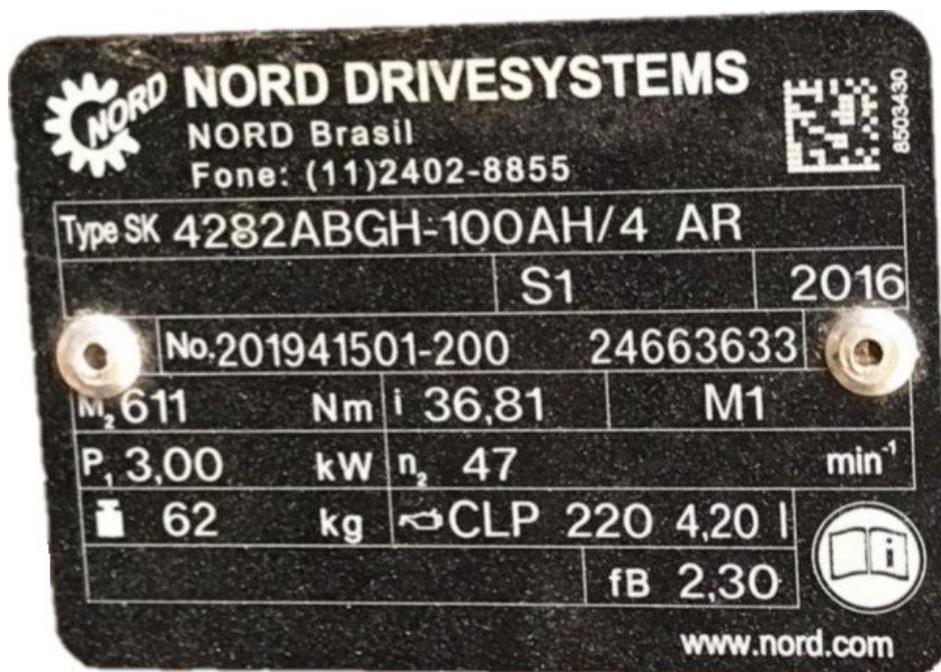
Fonte: Autoria própria, 2019.

As seguintes características foram retiradas da empresa:

- Comprimento total de 24,50 metros;
- Moto redutor de 3 kW, ou 4 CV;
- 250 mm de largura de calha.
- Opera com capacidade de 50 toneladas por hora.

As especificações do moto redutor utilizado pelo transportador são apresentadas na Figura 27:

Figura 27 - Especificações moto redutor do transportador



Fonte: Autoria própria, 2019.

A partir da largura de calha é possível definir o modelo do transportador, sendo caracterizado por TCRA-250. Pelo manual do fabricante é possível retirar algumas informações necessárias para o andamento do trabalho, sendo exibida na Figura 28 a seguir:

Dados pertinentes:

Figura 28 - Tabela geral Transportadores de Corrente

TIPO	CAPACIDADE		L MAX, m	VELOC, m/s	ROT, rpm	RODA DENTADA		CORRENTE			ALT PROD, mm	LARG CALHA mm	ALT CAIXA mm
	t / h	m³ / h				Ø PRIM, mm	Nº DENTES	PASSO mm	PESO (kg/m)				
							A	B					
TCRA - 160	60	80	100	0,69	44	307,3	7,5	125	5,5	6,3	210	160	
TCRA - 200	90	120	100	0,69	44	307,3	7,5	125	5,9	6,8	252	200	425
TCRA - 250	120	160	84	0,69	44	307,3	7,5	125	6,6	7,4	269	250	
TCRA - 280	150	200	71	0,69	44	307,3	7,5	125	6,8	7,6	300	280	456
TCRA - 315	200	267	90	0,72	36	393,4	7,5	160	11,1	16,6	343	315	
TCRA - 400	300	400	67	0,72	36	393,4	7,5	160	12,1	18,1	394	400	545

Fonte: Manual de Utilização Kepler Weber, 2002.

- Velocidade linear da corrente de 0,69 metros por segundo;
- Rotação de 44 rpm;

- Diâmetro da roda dentada de 307,3 milímetros;
- Passo da corrente de 125 milímetros;
- Altura do produto de 269 milímetros.

O manual dos fabricantes também nos proporciona que a corrente deste modelo é do tipo A, que tem um peso de aproximadamente 6,6 quilogramas por metro.

A partir destes dados, pode-se calcular a capacidade nominal deste modelo e verificar como efetuar alterações para aumentar a capacidade do transportador.

A capacidade é calculada pela seguinte equação (3):

$$Q = V * \gamma * 3600 * b * h * a * d \left(\frac{t}{h}\right) \quad (3)$$

Onde: V = Velocidade da corrente $\left(\frac{m}{s}\right)$, $V = 0,69\left(\frac{m}{s}\right)$;

γ = Peso específico do produto (t/m^3) ;

b = Largura da calha (m);

h = Altura do produto (m);

a = Fator de correção devido a inclinação;

d = Fator de correção devido ao passo da corrente.

Após medição na empresa, definiu-se que o transportador utilizado na empresa possui uma inclinação de 6°, logo é necessário utilizar um fator de correção. Os fabricantes recomendam um fator de aproximadamente 0,92 para esta inclinação.

Para o fator de correção devido ao passo da corrente, tem-se:

- Passo de 125 mm, $d = 0,96$;
- Passo de 160 mm, $d = 0,98$.

Como o passo do modelo é de 125 milímetros, deve ser utilizado um valor para $d = 0,96$.

O grão nesta etapa do beneficiamento tem um peso específico em torno de $0,75 t/m^3$, valor então utilizado para o cálculo da capacidade.

Efetuada o cálculo da equação (3), a capacidade resulta em:

$$Q = 0,69 * 0,75 * 3600 * 0,25 * 0,269 * 0,92 * 0,96$$

$$Q = 110,65 \left(\frac{t}{h}\right)$$

Calculando a potência do moto redutor requerida para esta capacidade, tem-se:

$$P_{req} = \left[\frac{Q * L * (\sin(\alpha) + 0,4 * \cos(\alpha))}{270} + \frac{2 * G * L * 0,5 * V * \cos(\alpha)}{75} \right] * \left[1 + \frac{\alpha}{100} \right] (CV)$$

Onde: L = Comprimento do transportador, $L = 24,5 \text{ m}$;

α = Inclinação em graus, $\alpha = 6^\circ$;

G = Peso da corrente em kg/m , $G = 6,6 \text{ kg/m}$;

V = Velocidade linear da corrente, $V = 0,69 \text{ m/s}$.

Efetutando o cálculo, resulta-se que:

$$P_{req} = 6,91 \text{ CV}$$

O manual do fabricante recomenda multiplicar este valor por um fator de segurança de 1,2. Logo, a potência real é:

$$P_{req} * 1,2 = 8,3 \text{ CV}$$

Arredondando para um valor comercial, a potência considerada é igual a 10 CV.

4.4.1 Proposta de modificação *redler*

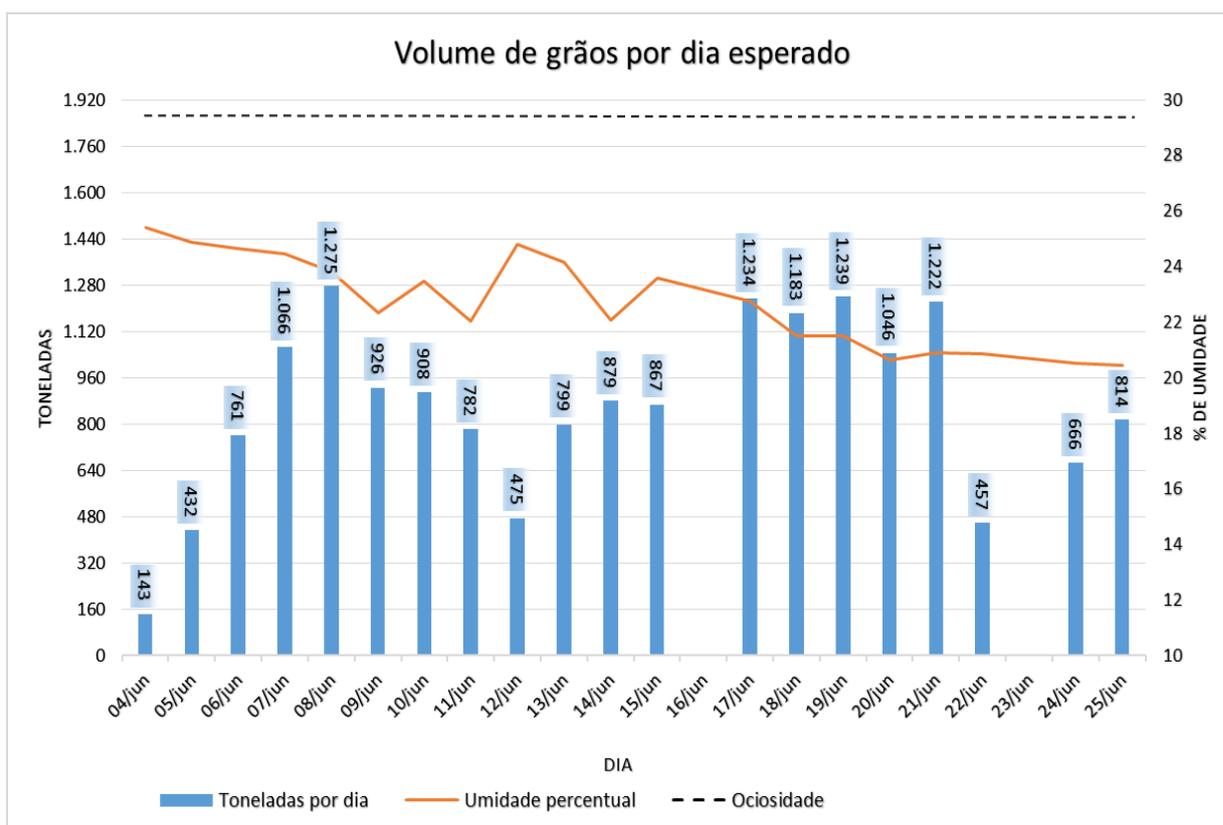
Pela Figura 24 apresentada anteriormente nota-se que a empresa está utilizando menos de 50% da capacidade total de operação do transportador, operando com capacidade de 50 toneladas por hora quando poderia chegar até 110 toneladas por hora.

Comparando a potência calculada anteriormente com a potência do atual moto redutor da empresa, nota-se que ele foi subdimensionado para a necessidade real do modelo de transportador. Como a estrutura do transportador já é fabricada para suportar mais que o dobro da carga, a sugestão mais eficaz e de maior interesse para a empresa é a sugestão de troca do moto redutor para um de dez cavalos de potência.

4.5 RESULTADOS

A proposta de redimensionamento dos equipamentos citados nos itens 3.3 e 3.4 resultará num incremento de até 70% na capacidade de recebimento e beneficiamento de grãos, desta forma é previsto uma coleta de dados como na Figura 29.

Figura 29 - Volume de grão esperado após proposta



Fonte: Autoria própria, 2019

Este aumento de capacidade de fluxo operacional pode trazer alguns benefícios para a unidade, como:

- Solução dos gargalos com um bom custo benefício;
- Redução no tempo de espera do descarregamento de grãos;
- Capacidade de maior recebimento diário de grãos, atendendo a demanda do mercado por agilidade.

5 CONCLUSÕES

Tendo em vista o objetivo deste trabalho que era propor um plano de melhoria do processo operacional comparando com o modelo atual, é possível afirmar as seguintes conclusões:

O objetivo do trabalho foi atingido, dado que se chegou a uma proposta cabível de ser realizável.

Foi efetuado o mapeamento do fluxo de valor da unidade, assim como o estudo do fluxograma de processos.

Após identificado os gargalos da operação, fez-se necessário o estudo dos elevadores de canecas e dos transportadores de corrente. Então foram redimensionados para ser possível apresentar uma proposta de alteração para a unidade, e enfim, comparar os resultados obtidos com o modelo atual.

Caso a empresa opte por efetuar estas alterações terá benefícios como a solução dos gargalos identificados e a redução no tempo de espera do descarregamento do grão, visto que os gargalos limitam a capacidade de descarga.

Tal resultado demonstra a importância das técnicas de *Lean Manufacturing* para chegar em discordâncias na operação, sendo que muitas vezes são poucos fatores que levam a maior parte dos problemas.

Como sugestão para trabalhos futuros, avaliar a possibilidade da implementação de um sistema de bloqueio em cascata dos elevadores e transportadores de corrente, evitando acúmulo em pontos do fluxo operacional na ocorrência de anomalias que ocasionam a interrupção de algum transportador. Tal sistema evitaria a necessidade de limpeza manual na ocorrência de paradas não programadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. (2007). **Projecto dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto**. Tese de Doutoramento em Engenharia e Produção de Sistemas. Escola de Engenharia. Universidade do Minho.

FERREIRA, Ademir Antonio.; REIS, Ana Carla Fonseca.; FERREIRA, Maria Isabel. (2002) - **Gestão Empresarial: de Taylor aos Nossos Dias: Evolução e Tendências da Moderna Administração de Empresas**. São Paulo: Pioneira, p, 150-154.

HINES, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2010). **Staying Lean: Thriving, Not just Surviving**. New York: Productivity Press.

J. Michalska*, D. Szewieczek. **The 5S methodology as a tool for improving the organization**. Journal of Achievements in Material and Manufacturing Engineering. 10/01/2007.

KEPLER WEBER. **Elevadores Agrícolas Galvanizados**: Manual de Utilização. 1. ed. 2002. 80 p.

KEPLER WEBER. **Transportadores de Corrente Galvanizados**: Manual de Utilização. 1. ed. 2002. 41 p.

LERC, 2004. **Lean Enterprise Research Centre**. Cardiff Business School, www.cf.ac.uk/carbs/lom/lerc. Acesso em: 19 abr.2018.

Lima, F. (2009). **As sete categorias de desperdício (MUDA)**. Data de acesso: 4 de agosto de 2013, de Expresso GQ: <http://expressogq.blogspot.com/2009/11/as-sete-categorias-de-desperdicio-muda.html>

OHNO, T. (1988). **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. New York: Productivity Press.

PEREIRA DA CRUZ, N. M. **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos**. Escola de Engenharia. Universidade do minho. Braga, Portugal. 2013.

Pinto, J. P. (2008). **Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro**. Comunidade Lean Thinking.

ROTHER, M., SHOOK, J. (2003). ***Learning to See. Value-stream mapping to create value and eliminate muda.*** One Cambridge Center, Cambridge. USA.

T. Melton. (2005). ***The Benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has to Offer the Process Industries.*** Acesso em: 15. mai.2019.

WEBER, É. A. **Armazenagem Agrícola.** Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400p.

WOMACK, J.P., Jones, D.T. and Roos, D., 1990, **A MÁQUINA QUE MUDOU O MUNDO.** (Editora Campus, Rio de Janeiro, Brasil)