

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL**
Campus Ibirubá

JOÃO CARLOS SINHOR NUNES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Identificação de falhas e implementação de soluções no sistema de abastecimento de silos
em uma fábrica de ração animal**

Ibirubá

2024

JOÃO CARLOS SINHOR NUNES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Identificação de falhas e implementação de soluções no sistema de abastecimento de silos em
uma fábrica de ração animal

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *Campus* Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Manutenção, Automação industrial

Orientador: Prof. Dr. Luciano Machado Cirino

Ibirubá

2024

NUNES, João Carlos S.

Identificação de falhas e implementação de soluções no sistema de abastecimento de silos em uma fábrica de ração animal / João Carlos Senhor Nunes, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Machado Cirino.

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Ibirubá. Engenharia Mecânica, Ibirubá, 2024

1. Engenharia Mecânica. 2. Manutenção preventiva. 3. Silos de armazenamento de ração.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Ibirubá.

Engenharia Mecânica.

Implementação de soluções no sistema de abastecimento de silos em uma fábrica de ração animal

JOÃO CARLOS SINHOR NUNES

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *Campus Ibirubá*, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 05 de Dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. (orientador) Dr. Luciano Machado Cirino.

IFRS *Campus Ibirubá*

Prof. Bruno Nonemacher

IFRS *Campus Ibirubá*

Prof. Me. Moisés Nivaldo Cordeiro

IFRS *Campus Ibirubá*

Dedico este trabalho aos meus pais, Orlando Pereira Nunes e Marilete de Lourdes Senhor Nunes, a minha namorada Giovana Decarli Morgan, ao meu irmão Junior Cesar Senhor Nunes, e aos meus amigos pelo incentivo e apoio em todas as etapas do meu crescimento pessoal e profissional, estes aqui citados são muito importantes para mim, e foram inspiração e incentivadores para a conquista deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

Agradeço a minha família que sempre me deram apoio, incentivo, atenção, puxões de orelha e por nunca desistirem de mim.

Agradeço minha namorada Giovana, Pai Orlando, Mãe Marilete por toda paciência e cuidado nessa etapa, sem vocês ao meu lado me incentivando e me ajudando eu não teria chegado até aqui. Vocês me ensinaram o que é ter fé, esforço, dedicação e me ajudaram no que foi necessário, vocês são especiais em minha vida. Amo muito vocês!

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Machado Cirino, pela atenção, paciência, carinho, companheirismo e todo o ensinamento passado durante a graduação para que fosse possível chegar à conclusão do TCC. Estendo meu agradecimento a todos os professores do curso.

Agradeço a cooperativa Cotribá, que disponibilizou o tempo e o espaço necessário, para elaborar esse estudo. Sem esse apoio não seria possível concluir esse TCC.

Agradeço a todos os amigos pela preocupação e apoio, meus colegas pelo incentivo, companheirismo e ajuda nas horas difíceis.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra estiveram próximos, fazendo com que esse sonho se tornasse realidade.

*"Nunca fiz nada dar certo por acidente;
nem nenhuma das minhas invenções
surgiu por acidente; elas vieram do meu
trabalho."*

Thomas Edison

RESUMO

O agronegócio brasileiro desempenha um papel crucial na economia nacional e no fornecimento de alimentos. A competitividade do mercado exige que as empresas fabricantes de ração, busquem a excelência para atender às exigências do mercado e garantir a qualidade das rações, pois é essencial manter altos padrões de integridade e segurança alimentar. A manutenção segue em busca pela melhoria contínua, e possui um papel importante neste contexto, já que se deve encarar tal departamento com atividades elaboradas de planejamento, reduzindo custos e maximizando a produtividade a fim de manter sua fatia de mercado. O objetivo deste estudo visou identificar as causas que acarretam em falhas das comportas de abertura e fechamento de um silo de armazenamento de ração, onde constatou-se como problema o emperramento das comportas e subdimensionamento dos sistemas de alimentação dos silos. Para facilitar a identificação da causa raiz, utilizou-se algumas ferramentas da qualidade como: o método dos “5 porquês” e a análise de falhas. As soluções propostas incluíram a implementação de um plano de manutenção preventiva, com atividades detalhadas e periodicidade definida, a adição de uma comporta extra para aumentar a vazão do sistema e como sugestão, a alteração do modelo de trilhos das comportas, substituindo chapas deslizantes por eixos com rolamentos blindados. A aplicação prática destas propostas resultou em melhorias significativas na operação da fábrica atual, servindo como modelo para o futuro. Este estudo reforça a importância do planejamento preventivo e da modernização dos processos para alcançar maior confiabilidade, produtividade e sustentabilidade na indústria de rações.

Palavras chave: Fábrica de ração. Manutenção preventiva. Plano de manutenção. Falhas.

ABSTRACT

The Brazilian agribusiness sector plays a crucial role in the national economy and food supply. The competitiveness of the market demands that feed manufacturing companies strive for excellence to meet market requirements and ensure feed quality, as maintaining high standards of integrity and food safety is essential. Maintenance efforts focus on continuous improvement and play a significant role in this context by treating this department as a strategic area with planned activities aimed at reducing costs and maximizing productivity, ensuring the company retains its market share. The objective of this study was to identify the causes leading to failures in the opening and closing gates of a feed storage silo. The main issues identified were gate jamming and the undersized design of the silo feeding systems. To facilitate the identification of root causes, quality tools such as the "5 Whys" method and failure analysis were employed. Proposed solutions included implementing a preventive maintenance plan with detailed activities and defined schedules, adding an extra gate to increase system flow, and suggesting a modification to the gate rail model by replacing sliding plates with axles equipped with sealed bearings. The practical application of these proposals resulted in significant improvements in the current factory's operations, serving as a model for the future. This study emphasizes the importance of preventive planning and process modernization to achieve greater reliability, productivity, and sustainability in the feed industry.

Key words: Feed Factory. Preventive Maintenance. Maintenance Plan. Failures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas envolvidos em uma indústria de ração animal.....	14
Figura 2 - Esteira transportadora Redler com suas comportas.....	18
Figura 3 - Figura ilustra uma fábrica de ração.....	21
Figura 4 - Figura ilustra um silo de armazenagem metálico.....	23
Figura 5 - Figura ilustra um elevador de canecas.....	24
Figura 6 - Figura ilustra um transportador do tipo Redler.....	25
Figura 7 - Chave fim de curso alavanca regulável com roldana ME-8108.....	27
Figura 8 - Figura ilustra uma comporta/gaveta com acionamento pneumático.....	27
Figura 9 - Modelo de ordem de serviço (OS).....	31
Figura 10 - A figura mostra o conjunto de esteiras transportadora do tipo Redler com comporta/gaveta e silos de armazenagem (sistema supervisório).....	38
Figura 11 - Fluxograma baseando no estudo de caso.....	38
Figura 12 - Alicata amperímetro digital AAV 4200 marca Vonder.....	44
Figura 13 - Localização da fábrica de ração.....	46
Figura 14 - Sugestão de ordem de Serviço para a cooperativa.....	52
Figura 15 - Sistema de abastecimento dos silos (sistema supervisório).....	56
Figura 16 – Desenho mecânico do sistema com eixo e rolamento.....	58
Figura 17 - Conjunto da lâmina juntamente com eixos e rolamentos.....	59

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	HISTÓRICO DA EMPRESA.....	16
1.2	SITUAÇÃO PROBLEMA.....	17
1.3	OBJETIVO	19
1.4	OJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	CONCEITOS E DEFINIÇÕES	20
2.1.1	Pecuária	20
2.1.2	Fábrica de ração.....	20
2.1.2.1	<i>Silo de armazenagem</i>	22
2.1.2.2	<i>Elevador de Canecas</i>	24
2.1.2.3	<i>Esteira transportadora Redler.....</i>	25
2.1.2.4	<i>Sensores industriais</i>	26
2.1.2.5	<i>Comporta (Gavetas).....</i>	27
2.1.3	Organização da Produção	28
2.1.4	Manutenção	28
2.1.4.1	<i>Controle de manutenção</i>	29
2.1.4.2	<i>Ordens de serviços (OS)</i>	30
2.1.5	Ferramentas da qualidade	33
2.1.5.1	<i>Análise de falhas</i>	33
2.1.5.2	<i>Cinco Porquês</i>	34
2.1.6	Automação.....	34
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1	ANTECEDENTES E ABORDAGEM	36
3.2	METODOLOGIA.....	39
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41

4.1	IDENTIFICAÇÃO DAS POTENCIAIS FALHAS.....	41
4.2	PROPOSTAS DE MELHORIA	49
4.2.1	Plano de Manutenção	50
4.2.2	Ordem de Serviço.....	51
4.2.3	Estimativa de custo com ração não fabricada.....	52
4.2.4	Desenvolvimento de uma nova comporta	55
5.	CONCLUSÃO	65
6.	REFERÊNCIAS.....	66
	APÊNDICE A – PLANO DE MANUTENÇÃO DAS COMPORTAS DA TRANSPORTADORA REDLER.....	72

1. INTRODUÇÃO

A produção agropecuária é parte fundamental da economia de um país. Ela é responsável pelo abastecimento do mercado interno com alimentos como frutas, verduras, legumes, carnes, ovos e leites, e pela remessa desses produtos em direção ao mercado exterior, tornando-se importante também para o suprimento da demanda de outros países e territórios. Muitas matérias-primas utilizadas pelas indústrias de transformação são derivadas das atividades que compõem o setor agropecuário, que é, portanto, um fornecedor de recursos naturais que serão transformados em outros produtos de grande utilidade para a sociedade (GUITARRARA, 2022).

A principal diferença entre a agropecuária e a pecuária diz respeito à abrangência da atividade produtiva. Pecuária se refere unicamente à criação de animais que tem como objetivo o fornecimento de alimentos (carnes, leites, ovos) e matérias-primas para a indústria. O setor pecuário é fundamental para a economia brasileira e está em constante evolução. Ela está inserida no escopo da agropecuária, sendo uma das duas atividades econômicas que esse segmento compreende. Como foi visto até aqui, o termo agropecuária é utilizado para descrever tanto a agricultura quanto a criação de animais (GUITARRARA, 2019).

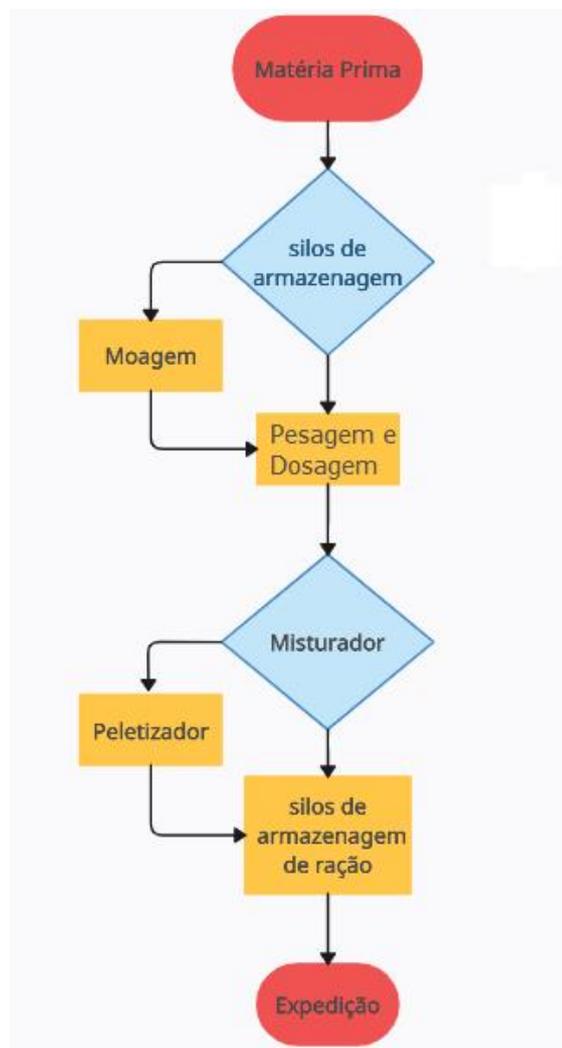
A alimentação dos animais, tanto de produção leiteira quanto do gado de corte é cercada de estudos no que diz respeito a eficiência dos nutrientes contidos na alimentação desses animais, avaliação de ingredientes, aditivos e exigências nutricionais. Porém, todas estas áreas de estudo estão amparadas na eficiência do processo de fabricação de cada ração (ROCKBELL, 2024).

Ao se referir sobre à eficiência do processo de fabricação de rações, é evidente que esta depende em muito das condições de funcionamento dos equipamentos, ou seja, equipamentos em boas condições vão garantir um processo adequado e eficiente que, por sua vez, irá garantir uma ração de qualidade. O processo de fabricação de rações envolve todas as etapas, desde a seleção de fornecedores, recebimento das matérias-primas, a fabricação em si da ração e até a distribuição do produto final. Novamente, ressalta-se que para todas essas etapas aconteçam adequadamente, é preciso que todos os equipamentos funcionem corretamente. E neste contexto, a manutenção age para que os processos de fabricação sejam eficientes. A busca pela

melhoria contínua tem ganhado cada vez mais importância dentro do setor de manutenção pois desta depende a competitividade e a viabilidade do produto, uma vez que a qualidade e o aumento da lucratividade dependem da total disponibilidade dos equipamentos (CHAVES, 2019).

O esquema de operação desse tipo de indústria está disposto na Figura 1, que traz um fluxograma dos processos pertinentes, sua sequência e possíveis transições dentro da produção de rações.

Figura 1 - Fluxograma das etapas envolvidas em uma indústria de ração animal



Fonte: Autor (2024)

Particularmente, na Cooperativa Agrícola Mista General Osório Ltda. (Cotribá) acontecem diversos problemas com o funcionamento de máquinas e equipamentos. Neste contexto, o mais prejudicial para a qualidade das rações, são as falhas na correta mistura de ingredientes, sendo assim os setores de armazenamento e os dispositivos empregados na mistura devem estar com a manutenção em dia e, se possível, deve-se melhorar o processo a fim de garantir a qualidade do produto final. No âmbito da Cotribá, uma série de fatores contribui para que os problemas ocorram e persistam, sem que se tenha uma ação coerente que elimine ou, pelo menos, diminuam significativamente os problemas de manutenção. Olhando para a fábrica de uma forma mais “macro”, os fatores são:

- A fábrica de rações está produzindo acima de sua capacidade;
- Equipamentos de difícil acesso, geralmente em áreas restritas ou em grandes alturas;
- Grande quantidade de equipamentos desgastados e/ou no final da vida útil;
- Inexistência de agendamento e controle das manutenções (falta de um plano de manutenção, critério de prioridades, ordens de serviço etc.).

Embora seja bastante difícil modificar tantos aspectos em curto períodos de tempo, este trabalho visa propor soluções para sanar ou mitigar alguns destes fatores tanto em um nível gerencial quanto em um nível operacional. Neste trabalho, serão propostas algumas soluções para resolver problemas de manutenção em um determinado tipo de equipamento, mas que podem facilmente ser estendidas para outros equipamentos de alta prioridade. Neste mesmo sentido, serão sugeridas a implementação de um sistema de controle de manutenção que, inicialmente será bastante simples, mas que pode ser melhorado ao longo do tempo conforme o interesse da empresa. Dentro de um âmbito mais operacional e de maneira mais específica, o objetivo principal será identificar as possíveis causas que geram falhas no sistema de abertura e fechamento das comportas que abastecem silos de armazenamento, em uma fábrica de ração da Cotribá, propondo possíveis melhorias para solucionar ou diminuir a frequência com que ocorrem as falhas. Neste caso, sempre se terá em mente que algumas soluções podem ser expandidas a outros equipamentos, conforme comentado anteriormente.

Portanto, a finalidade do trabalho é melhorar o processo de produção de ração na medida em que impede ou reduz a ocorrência de falhas mecânicas/elétricas especialmente nas comportas dos silos de abastecimento agindo tanto no sentido de melhorar a operacionalidade, o controle e o planejamento da manutenção. Embora não se vá fazer uma análise a fundo, espera-se que os custos ou desperdícios decorrentes das falhas também sejam reduzidos consideravelmente. Estes custos são provenientes, por exemplo, de ocorrências como a produção de rações com a formulação incorreta, gastos evitáveis com peças de reposição, tempo de mão de obra, tempo de máquina parada (ociosidade), atrasos na entrega da ração ao cliente, dentre outros.

1.1 HISTÓRICO DA EMPRESA

A Cotribá é a cooperativa agrícola mais antiga do Brasil, foi fundada em 21 de janeiro de 1911 na cidade de Ibirubá no estado do Rio Grande do Sul, a partir da iniciativa de um grupo de pessoas que se reuniu para fundar uma entidade cooperativa, para representar os interesses do homem da terra e defender seus direitos. Surgiu, então, Genossenschaft General Osório. General Osório foi uma das primeiras denominações do município de Ibirubá. Entre os episódios marcantes da cooperativa registrados, em 1968 aconteceu uma mudança do estatuto que modificou os sua denominação e objetivos para “Cooperativa Agrícola Mista General Osório Ltda”, razão social que permanece até hoje. (COTRIBA, 2023).

A cooperativa desde cedo manifestou sua preocupação com o agricultor e a comunidade. Então, em 1976, as atividades se iniciaram com o primeiro dia de recolhimento de leite pela Cotribá. A produção foi de 305 litros, hoje a produção de leite somente nos municípios de Ibirubá e Quinze de Novembro é de aproximadamente 280 mil litros diários (COTRIBA, 2023).

Em meados de 1982 a Cotribá amplia seus negócios e abre a sua primeira Fábrica de Rações animal, com sede em Ibirubá. A produção aumentava à medida em que se realizavam investimentos na produção leiteira na região. Devido à grande demanda, em 2012 a cooperativa ampliou seus negócios com mais uma fábrica de rações, desta vez em Tapera, (COTRIBA, 2023).

1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA

Conforme comentando anteriormente, este trabalho visa propor algumas soluções que melhorem a manutenção de equipamentos. Este é um alvo mais difícil de atingir e, embora se vá propor algumas soluções que podem solucionar estas questões, este trabalho pretende atacar um problema em específico e, só então, passar para um nível mais generalista.

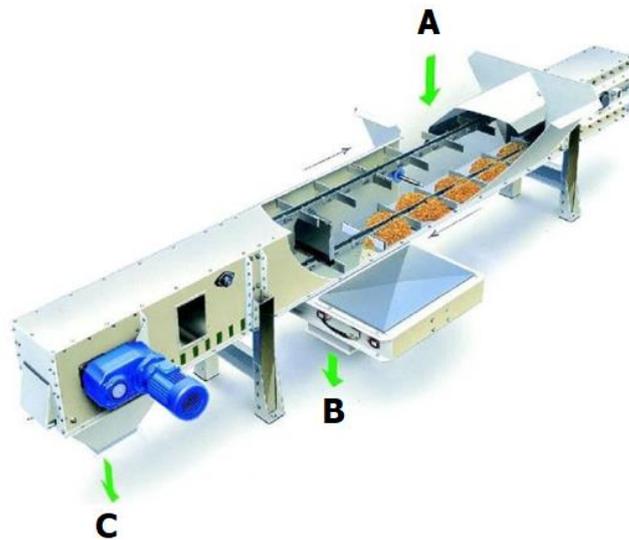
Este problema específico ou “situação problema”, consiste no fato de que a Cotribá possui atualmente uma fábrica de ração animal na cidade de Ibirubá onde estão locados de 19 silos de armazenamento de rações. A correta separação da ração em seu respectivo silo, garante que a formulação seja a mesma escolhida no início da fabricação até a expedição final. Isso depende muito do funcionamento apropriado do sistema de transporte da ração e da abertura e fechamento automático da comporta de cada silo, que libera a entrada correta de cada ração no seu respectivo silo de armazenagem pré-determinado.

Para que se entenda melhor, é necessário explicar que todos os silos são alimentados por esteiras (modelo que será visto em seguida). Estas esteiras carregam ração já pronta para consumo e devem entregar sua carga no silo programado. Cada silo tem uma comporta que deve abrir automaticamente para que a ração seja entregue no silo correto. Um dos problemas que ocorrem é que a esteira tem uma automação que só permite a entrega de ração se a comporta estiver aberta. Como as comportas travam, eventualmente a carga de ração que seria destinada ao silo “1” acaba sendo entregue no silo “2” causando uma mistura incorreta de duas rações com formulações diferentes. A partir da medição da massa das rações em cada silo por meio de balanças incorporadas aos silos (monitoradas por sistema supervisorio, que será visto mais adiante), o operador sabe que no silo “1” está faltando ração enquanto no silo “2” está sobrando. Na impossibilidade de fazer qualquer correção de maneira rápida, o operador apenas completa a ração faltante no silo “1” e, embora a ração armazenada no silo “2” tenha uma quantidade de ração inadequada, não há qualquer correção. Além da questão da qualidade das rações, há ainda uma fonte de desperdício que será explicada a partir do funcionamento da esteira Redler.

A Figura 2 ilustra o funcionamento da esteira Redler que é totalmente automático, restando ao operador apenas o monitoramento do processo. A ração entra pela abertura “A” e é transportada até a comporta “B” onde ela abre seguindo a abertura da comporta do silo, conforme já comentado. Já a abertura “C”, no final da esteira, sempre estará aberta para que o

acúmulo de resíduos de produtos que sobraram saia e não a obstrua, fazendo com que ela pare de funcionar. Esta é uma das fontes de desperdício; como as comportas dos silos sofrem com o problema de falha na abertura, muita ração fica retida na esteira e acaba sendo descartada. Esta ração, caso o sistema estivesse em perfeito funcionamento, teria sido entregue no silo correto e depois ao cliente.

Figura 2 - Esteira transportadora Redler com suas comportas



Fonte: Fábrica do projeto: Redler ou Transportador de Arraste (2013)

Uma das causas possíveis para o problema está nos sensores elétricos que poderiam não atuar em função de mau funcionamento e não mais fizessem a abertura e fechamento das comportas de maneira correta. Em outras palavras, a comporta que deveria ser fechada, abre e vice-versa (perda de referência). Em consequência disto, rações com diferentes ingredientes são misturadas nos silos produzindo contaminações indesejadas no produto, fato que pode fazer com que um lote seja descartado gerando retrabalho e prejuízo.

Outro problema que foi levantado como uma possível causa é a falha mecânica causada não apenas pelo descuido na manutenção do equipamento, mas também pelo projeto

inadequado da comporta. Ao longo do trabalho, esta será a questão principal para a resolução da “situação-problema”.

1.3 OBJETIVO

O objetivo central foi identificar falhas do sistema de abertura e fechamento das comportas dos silos, além de propor elaborar soluções que eliminem ou reduzam este problema e que possam ser aplicadas em outros equipamentos de alta prioridade.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar as principais falhas no processo de armazenamento de ração e quais equipamentos estão sendo mais solicitados;
- Identificar as falhas, apoiando-se nos dados recolhidos tais como número de falhas, custos, número de horas trabalhadas e a partir da aplicação da ferramenta dos “5 Porquês”;
- Propor melhorias com a finalidade de diminuir as falhas e diminuir custos com a perda do produto;
- Propor um sistema de ordem de serviço (O.S.) para melhorar o controle de manutenção e facilitar a geração de dados;
- Propor um plano de manutenção para os equipamentos envolvidos no armazenamento de ração (esteiras e silos) que possa servir de exemplo para o planejamento de manutenção de outros equipamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma série de conceitos e informações necessárias para o bom entendimento do trabalho. Dentre estes dados, estão informações sobre os meios de transporte e armazenamento de ração utilizados, além de informações básicas sobre os equipamentos.

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

2.1.1 Pecuária

Segundo Guitarrara (2022), a pecuária é uma atividade econômica voltada para a criação de animais. A história da pecuária está ligada aos primórdios da civilização, quando os seres humanos domesticaram os animais, principalmente para facilitar a obtenção de alimentos e insumos. Atualmente, a pecuária é uma atividade moderna e muito importante para a sociedade sendo responsável pelo fornecimento de alimentos para a população. A pecuária é uma atividade dividida em duas áreas, conforme os produtos obtidos na sua produção. Ou seja, essa atividade é caracterizada pelos diversos produtos oriundos das criações de animais. Os principais tipos de pecuária são:

- Pecuária leiteira: voltada à produção de leite, o qual pode ser direcionado sem intermediários ao consumidor final ou ainda se tornar matéria-prima para a indústria de laticínios, que produz queijos, manteiga, creme de leite, iogurte, leite pasteurizado e outros produtos derivados.
- Pecuária de corte: destinada à produção exclusiva de carnes para o consumo. O destaque nessa categoria são as carnes bovina e suína, mas elas não são as únicas geradas pela pecuária de corte.

2.1.2 Fábrica de ração

Segundo Chaves (2019), a evolução contínua nos setores de melhoramento genético, manejo, nutrição e sanidade estão conduzindo as fábricas de rações a reconsiderar seus procedimentos de modo a tornar mais adequadas às novas tecnologias no processo de produção de ração, na intenção de:

- Aumentar a sua capacidade produtiva;

- Diminuir as perdas;
- Criar novas fórmulas de produtos que sejam mais avançados e que tenham um maior valor agregado.

Para a garantia de um produto final de alta qualidade que mantenha todas as suas propriedades físicas, químicas e biológicas conservadas, é necessária atenção desde a compra, seleção e recebimento da matéria prima, pesagem, moagem, mistura, peletização, secagem, ensaque e expedição (OLIVEIRA, 2016). Soma-se a estas condições, o bom estado de conservação dos equipamentos utilizados na fabricação da ração. A Figura 3 exemplifica parte do processo de fabricação de ração animal.

Figura 3 - Figura ilustra uma fábrica de ração



Fonte: Compre Rural Notícias (2023)

Seguindo nesta linha de pensamento, as empresas estão implantando as medidas de padrões de controle de qualidade que são definidas pelas Boas Práticas de Fabricação¹. O

¹ O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) define boas práticas de fabricação como procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais aplicados em todo o fluxo de produção, desde a obtenção dos ingredientes e matérias-primas até a distribuição do produto final, com o objetivo de garantir a qualidade,

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu o manual de Boas Práticas de Fabricação com regras e procedimentos que propõem atender a um determinado padrão higiênico, sanitário e operacional, colocado em todo fluxo operacional da empresa. O fluxo operacional abrange desde a compra de matérias primas, distribuição e rastreabilidade do produto final, com o propósito de garantia da qualidade, conformidade e segurança dos produtos que serão destinados para alimentação animal (BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2007).

2.1.2.1 Silo de armazenagem

Os silos são unidades armazenadoras, caracterizadas por células ou compartimentos estanques, que impossibilitam trocas excessivas entre o meio interno e externo, conservando a integridade do produto. Oferecem condições de armazenagem por períodos mais longos que os armazéns comuns, pois permitem um controle mais eficiente das fontes de deterioração (temperatura e umidade). Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR, 2018) existem diferentes tipos de silos verticais, a depender do material utilizado para sua construção, podendo ser metálicos, de concreto, de alvenaria e de madeira. A Figura 4 ilustra um silo de armazenagem metálico.

Algumas das vantagens do silo metálico de acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural são:

- Maior quantidade de grãos por área construída;
- Sistema de transporte para encher e esvaziar os silos é todo mecanizado e rápido;
- Facilita o manejo dos grãos;
- Possibilita pouca perda de grãos;
- Custos operacionais baixos;

- Rápida construção das instalações;
- Utilização de menos mão de obra;
- Poucas perdas com roedores.

Figura 4- Figura ilustra um silo de armazenagem metálico



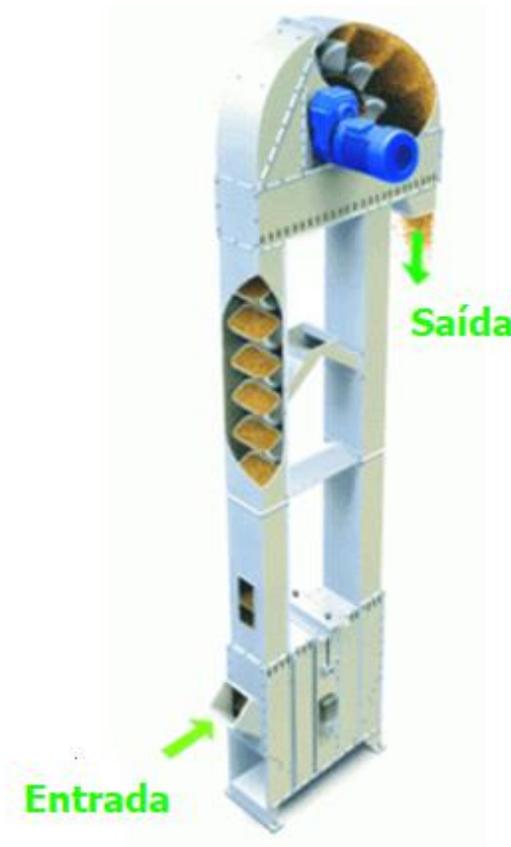
Fonte: Resende (2023)

Embora as vantagens sejam atrativas, existem desvantagens como a exigência de mão de obra qualificada devido a manutenções e a necessidade de cuidados quanto à danos mecânicos com a ração peletizada, para que não ocorram quebra das mesmas e se transformando em farelo. Pois o processo de peletização da ração é um método amplamente utilizado no mercado das rações para transformar ingredientes de ração animal em pellets, que são grânulos compactos e de forma uniforme. Esse processo melhora a digestibilidade, reduz o desperdício e facilita o manejo e a armazenagem da ração (SENAR, 2018).

2.1.2.2 Elevador de Canecas

Os elevadores, como o próprio nome sugere, são utilizados para o transporte no plano vertical, elevando os grãos de um nível inferior a outro mais elevado, para a continuidade do processo ou para o armazenamento (WEBER, 2001). Para realizar transportes de material a granel em elevação com melhor aproveitamento do espaço físico, são utilizados os elevadores de canecas, conforme ilustra a Figura 5. Estes equipamentos apresentam mais de uma configuração, em função das características do material a ser transportado. Além disso, podem ser utilizados tanto em meios internos quanto externos (RUDENKO, 1976).

Figura 5- Figura ilustra um elevador de canecas



Fonte: Fabrica do projeto: Elevador de canecas (2013)

A parte superior do elevador tem como função principal a descarga dos grãos elevados, por meio da correia de canecas. Os elevadores podem descarregar os grãos por três formas diferentes: centrífuga, gravidade, mista. Os elevadores mais usados é o de sistema centrífugo,

eles são utilizados em descargas por gravidade e são usados geralmente para sementes (Figura 5). Já os sistemas mistos possuem rotações intermediárias, e descarregado através da força centrífuga gerada pelo movimento e velocidade das canecas. O acionamento é realizado através do tambor tracionado na extremidade superior do equipamento (WEBER, 2001).

2.1.2.3 Esteira transportadora Redler

O transportador de arraste Redler é amplamente utilizado no processo fabril no mundo todo e está presente nos mais variados processos como em armazéns agrícolas, secadores de grãos, indústria química, indústria cítrica, produtos alimentícios e, como nesse caso, em fábricas de ração animal (ALLIANCE, 2022).

Os transportadores Redler são utilizados para transporte horizontal. A sua robustez junto com o baixo atrito, garantem uma longa vida útil ao equipamento, além de ter reduzido o nível de ruído. Possui correntes de elos em barra chata, pinos e buchas com tratamento térmico e placas de arraste. Na Figura 6 é apresentado um exemplo típico deste tipo de transportador.

Figura 6- Figura ilustra um transportador do tipo Redler.



Fonte: GSI Brasil (2023)

2.1.2.4 Sensores industriais

Este item se dedica a dar uma explicação bastante rápida sobre sensores industriais, pois uma das possíveis causas inicialmente levantadas, que poderiam levar à distribuição irregular de rações a partir das esteiras, é justamente o mau funcionamento dos sensores da esteira Redler (ver Figura 2 e Figura 5), também presentes nas comportas dos silos que estão acopladas à esteira.

Criados em 1950, os sensores tornaram-se, ao longo dos anos, peças fundamentais na automação industrial. Estes produtos podem ser usados para a detecção de quaisquer movimentações no ambiente fabril. Sensores são dispositivos amplamente utilizados na automação industrial que transformam variáveis físicas, como posição, velocidade, temperatura, nível, etc. Em variáveis convenientes, a informação pode ser associada à sinais de tensão e corrente, que então são convertidos em unidades de engenharia (ENGEREY, 2017). Por exemplo, um transdutor gera um sinal de tensão, que pode ser convertido em graus Celsius (C°) ou em rotações por minuto, a conversão é feita por intermédio de conversores.

Já segundo Piazza (2024), os sensores industriais são dispositivos que captam estímulos do ambiente, como variações físicas ou químicas, e os transformam em sinais que podem ser lidos por sistemas. Esses sinais podem ser analógicos ou digitais, dependendo do tipo e objetivo do sensor. Eles agem como tradutores de energia: por exemplo, um sensor de temperatura transforma calor em sinais elétricos que indicam a temperatura, enquanto um sensor de visão converte luz em dados elétricos que podem ser analisados por um computador.

A Figura 7 mostra o tipo de sensor utilizado nos sistemas de automação das comportas da Redler (chave fim de curso alavanca regulável com roldana ME-8108). Este é utilizado para o sistema identificar qual posição está cada comporta, se a mesma está aberta ou fechada.

Figura 7- Chave fim de curso alavanca regulável com roldana ME-8108

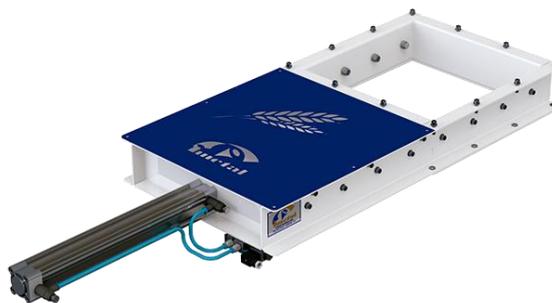


Fonte: Chave Fim de Curso Citex (2024)

2.1.2.5 Comporta (Gavetas)

As comportas ou gavetas² são equipamentos de acionamento pneumático com um desenho semelhante a uma gaveta convencional. Esta é construída em estrutura metálica com um cilindro pneumático acoplado para realizar o movimento de uma chapa metálica, que desliza sobre um trilho de rolamentos, visando controlar a passagem do produto, conforme ilustra a Figura 8 (no contexto do trabalho, o produto é a ração produzida).

Figura 8- Ilustra uma comporta/gaveta com acionamento pneumático



Fonte: Imetal Indústria Metalúrgica (2023)

² Os artigos pesquisados colocam este equipamento em termos de “comporta” e “gaveta”. Em suma, os termos “comporta” e “gaveta” se referem ao mesmo equipamento, de forma que será usado o termo Comporta neste trabalho.

2.1.3 Organização da Produção

Devido à natureza perecível dos produtos envolvidos, a produção de ração é planejada sob demanda de modo a evitar que insumos e produtos acabados expirem antes de serem vendidos e entregues ao consumidor final. Os produtos são fabricados conforme os pedidos dos consumidores, pois em sua maioria são pedidos personalizados. Em outras palavras, cada cliente tem uma formulação de ração própria devido as condições de cada rebanho, daí o problema que é criado quando rações de diferentes formulações são misturadas. A única exceção são os produtos de alto volume de vendas no mercado, que são armazenados em quantidades limitadas nas lojas da empresa.

Para garantir que as encomendas sejam atendidas dentro do prazo desejado pelos clientes, é fundamental que a produção seja realizada com o mínimo de falhas possível. Portanto, a organização do processo de fabricação nesse tipo de fábrica, baseia-se principalmente na capacidade de produção de cada componente da linha de produção e no tempo necessário para o processamento, o que permite estimar o prazo de entrega dos materiais.

2.1.4 Manutenção

A manutenção desempenha um papel crucial nas organizações, uma vez que assegura a operacionalidade de equipamentos e sistemas, de forma a atender às necessidades de processos produtivos ou de serviços, proporcionando confiabilidade, segurança e preservação do meio ambiente (PINTO; NASCIF, 2003). Já segundo Kardec e Nascif (2009), os diferentes tipos de manutenções são determinados pela abordagem adotada na intervenção em equipamentos, sistemas ou instalações. Os autores propõem diferentes categorias de manutenção, descritas a seguir.

- **Manutenção corretiva:** Esta categoria envolve ações para corrigir uma falha ou restaurar o desempenho inadequado de um equipamento ou sistema. Ela se divide em dois subtipos: manutenção corretiva não planejada, que se refere a intervenções em situações inesperadas e não previamente programadas, e manutenção corretiva planejada, que envolve intervenções planejadas após

monitoramento preditivo ou decisão gerencial. Um exemplo comum é a troca de uma engrenagem quebrada.

- **Manutenção preventiva:** Nessa abordagem, são realizadas intervenções periódicas e programadas em intervalos definidos com o objetivo de prevenir ou reduzir a ocorrência de falhas ou degradação no desempenho de equipamentos ou sistemas. Um exemplo básico desse tipo de manutenção é a lubrificação de componentes. Programas de lubrificação costumam diminuir os problemas com falhas que necessitam de manutenção corretiva.
- **Manutenção preditiva:** Este tipo de manutenção implica em monitorar constantemente parâmetros que indicam o funcionamento e o desempenho de equipamentos ou sistemas, permitindo antecipar situações que requerem intervenção e possibilitando um planejamento prévio. Alguns exemplos são a verificação de vibrações em equipamentos, verificação de ruído em mancais de rolamento e medição de corrente em motores elétricos.

2.1.4.1 Controle de manutenção

Segundo Filho (2008), para que uma manutenção seja eficiente, esta deve ter seus trabalhos planejados e controlados. Deverá haver quem tome conta do que deve ser feito; quem tome conta do que está sendo feito e quem, ao final da tarefa, compare os resultados para poder verificar se está de acordo com o planejado. Se tudo estiver dentro do planejado devem então verificar se o que foi feito (dentro do planejado) poderia ser feito de uma forma mais eficiente. Devem então introduzir melhorias no sistema sempre que possível.

O planejamento e o controle de manutenção podem ser feitos basicamente de três maneiras (FILHO, 2008):

- **Manual:** é aquele em que todas as atividades de manutenção são planejadas, controladas e analisadas por meio de formulários e mapas de controle, preenchido manualmente, guardados em pastas. Devem ser criado um processo organizado de arquivo e ordenação de documentos (por semana, por equipamento, por sistema, etc.), afim de possibilitar a obtenção de dados de forma mais rápida possível e evitar perda de informação;

- Semi informatizado: é aquele em que as manutenções preventivas são controladas com auxílio de computador, enquanto as manutenções corretivas são controladas e analisadas mediante o preenchimento manual de formulários e mapas. Dentro deste critério, devem ser considerados dentro os cálculos auxiliares de manutenção corretivas feitos pelo computador, como os índices de manutenção, de performance de equipamentos com os dados levantados manualmente;
- Totalmente informatizado: é aquele que as informações relativas às manutenções preventivas e corretivas são transferidas ao computador, de onde são emitidas todas as Ordens de Serviço³ (OS) e para onde convergem todos os dados coletados durante a execução das tarefas. Com a utilização de programas para o controle de manutenção permitem a transferência de informação, sempre que possível, entre os módulos pessoal, de material, de manutenção de produção, de operação, de controle de custos, etc.

Diversas abordagens inovadoras de trabalho estão disponíveis, oferecendo novas possibilidades para os profissionais. Neste contexto, destacam-se técnicas mais avançadas de gestão e estratégia como a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) e a Manutenção Produtiva Total, mais conhecida pela sigla TPM ou *Total Productive Maintenance* (PEREIRA, 2011). Deste modo, é natural que a manutenção seja cada vez mais visada quando o objetivo é reduzir custos e, conseqüentemente, tornar a empresa mais competitiva ao adotar métodos mais eficazes. A manutenção pode atender positivamente a essas demandas, especialmente quando associada a um planejamento bem estruturado. Quando as atividades são cuidadosamente planejadas e realizadas por profissionais específicos, obtém-se maior disponibilidade dos equipamentos, uma vida útil prolongada e redução significativa (FILHO 2008).

2.1.4.2 Ordens de serviços (OS)

A ordem de serviço para manutenção é um documento importante para registrar as atividades necessárias para manter o bom funcionamento dos equipamentos e máquinas. Ela é utilizada para planejar e gerir as manutenções preditivas, preventivas e corretivas, garantindo a

³ A ordem de serviço é um assunto é tratada no item seguinte.

segurança e a eficiência dos processos produtivos. Um exemplo básico de ordem de serviço é dado na Figura 9 que já mostra as informações fundamentais (que serão comentadas mais a frente) que devem constar neste tipo de documento.

Figura 9 – Modelo de ordem de serviço (OS)

FRENTE

Ordem de Serviço					
Unidade			Data		
Equipamento		Conjunto		Subconjunto	
Inspeção			Parada de Produção		
Trabalho a realizar					
Trabalho realizado			Natureza de Avaria		
			Causa de Avaria		
	Prevista	Realizada	Parada de Produção	Visto	

VERSO

Ordem de Serviço	Duração								
	Término								
	Início								
	Data								
	chapa								

Fonte: Adaptado de Weber et al. (2000)

A principal vantagem de utilizar ordens de serviço de manutenção é o controle que ela proporciona sobre as atividades de manutenção. Com elas, é possível acompanhar o histórico de manutenções, identificar problemas recorrentes e planejar ações preventivas para evitar paradas não programadas na produção. No contexto da manutenção industrial, os documentos de solicitação de serviços de manutenção desempenham um papel importante na organização dos processos, pois eles asseguram maior controle, tanto para a gestão da manutenção quanto

para os técnicos que vão realizar os serviços. Portanto, é importante que as ordens de serviço sejam muito bem elaboradas e incluam todas as informações fundamentais para a execução das atividades de manutenção (SANTOS 2024).

Já segundo Dombroysk (2024), a grande finalidade de uma OS é orientar o trabalho, tanto em relação às expectativas do gestor quanto ao que se espera da equipe envolvida. Com o auxílio do recurso é possível controlar a produtividade, a mão de obra e os materiais empregados na prestação de um serviço. Sabendo disso, entende-se que a OS funciona como uma requisição e uma autorização do profissional responsável para que a empresa efetue a tarefa requisitada.

O formato das OS na manutenção podem variar de forma significativa de acordo com o segmento em que estão sendo direcionadas. No entanto, há elementos comuns que compõem um modelo básico, os quais, configuram uma espécie de “modelo Ordem de Serviço”. Segundo Santos (2024) e Dombroysk (2024), são eles:

- Informações do solicitante;
- Data de emissão;
- Número do documento para identificação e organização;
- Valores e custos;
- Assinaturas dos envolvidos;
- Descrição detalhada dos processos;
- Informações sobre equipamentos e procedimentos;
- Riscos operacionais;
- Equipamentos de proteção obrigatórios.

Manes (2020), destaca que com um fluxo de OS padronizados, a empresa consegue:

- Organizar os pedidos conforme a capacidade produtiva da equipe;
- Garantir a entrega no prazo e dentro das especificações contratadas;
- Controlar a produtividade dos colaboradores;
- Calcular com precisão os materiais e mão de obra necessários à execução do trabalho;
- Equilibrar o estoque com os pedidos para maior eficiência;
- Calcular os custos para garantir uma precificação correta;

- Auxiliar no controle de trocas, reparos e alterações no pedido do cliente;
- Informar aos colaboradores os detalhes do serviço e orientar a execução segura e eficiente;
- Gerenciar as finanças com mais agilidade.

Por isso é tão importante utilizar a ordem de serviço internamente como ferramenta de gestão.

2.1.5 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são essenciais para melhorar processos, reduzir custos e aumentar a satisfação dos clientes. Elas permitem identificar e resolver problemas de forma eficiente, garantindo que os produtos ou serviços atendam a altos padrões de qualidade (SANTOS 2024).

Na manutenção, os principais objetivos são prevenir e corrigir falhas. Para reduzir a ocorrência das mesmas é preciso entender como um determinado sistema falha. É preciso utilizar uma metodologia de análise que estabeleça uma lógica e permita que todos compreendam os eventos, de modo a identificar todas as causas ao nível físico, humano e primário e, por fim, definir ações corretivas para evitar a recorrência da falha (OLIVEIRA, 2011).

2.1.5.1 Análise de falhas

O propósito da análise de falha é a solução de um problema que está afetando diretamente ou indiretamente o desempenho ou que não executam suas funções de maneira segura, assim deve-se observar minuciosamente e coletivamente todas as características relacionadas ao problema. Não é possível implantar melhorias no sistema de estudo, sem a determinação da causa física da falha, tornando assim essa análise nula (TAKAYAMA 2008).

Já segundo Cordeiro (2024), a análise de falhas é um processo que consiste em analisar a ocorrência de um determinado problema, seu grau de severidade e encontrar a sua causa raiz dessa falha. Essa análise pode ser realizada de diversas formas, e cada método terá uma melhor funcionalidade conforme a situação. Portanto, o profissional deve saber como selecionar essas

ferramentas e como combiná-las para chegar em uma conclusão e propor uma solução com maior eficiência e menor custo.

Para Affonso (2002), o principal objetivo da análise de falhas é evitar que elas se repitam. Essa investigação deve mapear as causas da falha e utilizando-se dessas informações, deve-se criar um plano de ações que impeçam a recorrência do problema. É relevante ressaltar que toda anomalia ou falha, apresenta uma natureza potencial que deve ser descoberta e tratada para se que se possa minimizar ou eliminar a falha.

2.1.5.2 Cinco Porquês

O método dos “5 porquês”, se trata de uma ferramenta que representa uma abordagem científica de solução de problemas, criada por Taiichi Ohno, fundador do Sistema de Produção Toyota (OHNO, 1997). Desde o seu surgimento, a ferramenta vem sendo muito empregada devido a sua simplicidade e eficiência. Sua finalidade é descobrir a verdadeira causa subjacente de um problema, muitas vezes obscurecida por sintomas evidentes, por meio de uma sequência de perguntas. Essencialmente, o “5 Porquês” é uma ferramenta que consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um problema ou defeito ter ocorrido, a fim de descobrir a sua real causa, ou seja, a causa raiz. Um ponto interessante e que vale mencionar é que, na prática, pode ser que não seja necessário perguntar 5 vezes “por quê” ou que seja necessário realizar mais de 5 questionamentos para identificar a causa raiz do problema. Não há uma regra para isso.

Segundo Cordeiro (2024), a metodologia dos Porquês consiste em uma série de perguntas que contribuem com um entendimento da causa raiz do problema. A resposta da primeira pergunta gera uma segunda pergunta, que terá uma resposta e gerará a terceira pergunta. Esse é o sistema principal da metodologia. Com uma média de 5 perguntas, é possível encontrar o início do problema. No entanto, é importante que continue perguntando “por quê” até descobrir uma causa raiz plausível para a falha em questão.

2.1.6 Automação

A automação é caracterizada como o emprego da eletroeletrônica e da mecânica para gerir operações de produção de forma praticamente independente da intervenção humana. Os procedimentos de automação podem ser desmembrados em cinco componentes fundamentais,

que incluem o acionamento, o sensoriamento, o controle, programas e o comparador ou dispositivo de tomada de decisão (SENAI, 2000).

Conforme destacado por Groover (2011), várias razões frequentes sustentam a adoção da automação, tais como:

- Incrementar a eficiência produtiva;
- Diminuir despesas relacionadas ao trabalho;
- Mitigar os impactos da escassez de mão de obra;
- Substituir ou eliminar tarefas manuais;
- Elevar a segurança dos trabalhadores;
- Aprimorar a qualidade do produto;
- Encurtar o tempo de produção;
- Simplificar procedimentos que não são passíveis de execução manual.

Esse conceito também se aplica para a Indústria 4.0, onde um modelo de fábrica altamente automatizado se utiliza de sensores que coletam dados em tempo real para decisões rápidas e eficientes. Essa comunicação ativa permite um gerenciamento mais preciso, melhorando o desempenho dos processos, reduzindo erros, desperdícios e retrabalhos, além de agilizar a correção de problemas (WEG, 2023).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentado a metodologia utilizada para o desenvolvimento desse estudo. Encontra-se composta pelas ferramentas empregadas para a análise do sistema de armazenamento e de uma esteira transportadora do tipo Redler de ração, que fazem parte de uma fábrica de ração animal de uma cooperativa localizada na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Cotribá). Para compor este estudo foi desenvolvida uma estratégia simples para identificação de falhas que, dentro deste trabalho foi chamada, de “Tabela de Identificação de Falhas”. Em seguida foi empregada a ferramenta de análise conhecida como “5 Porquês” que já está bastante estabelecida (OHNO, 1997).

3.1 ANTECEDENTES E ABORDAGEM

Conforme foi sugerido anteriormente, o assunto de maior relevância deste trabalho é a identificação de falhas e implementação de soluções no sistema de abastecimento de silos para potencialização de equipamentos relacionado à produção de rações. Mais especificamente o objeto de estudo foram máquinas que fazem o transporte, direcionamento e armazenamento das rações produzidas. Logo, para realizar um diagnóstico das condições da linha de produção e conhecer a equipe de trabalho, foi realizada uma reunião com o gerente atual da fábrica e os responsáveis pelas operações e de manutenção, ficando acordado qual seria a abrangência do estudo e como se daria o acesso à fábrica. Após a reunião, foi realizado uma vistoria pela fábrica para conhecê-la. Essa visita inicial serviu como base, além de marcar como ponto inicial para a elaboração da proposta deste estudo.

Primeiramente, acompanhou-se o processo da fabricação da ração por um período de aproximadamente 60 h e, durante esse período de acompanhamento, identificou-se quais são os equipamentos envolvidos neste processo, quais as suas funções específicas, além de entender quais as demandas que a fábrica enfrenta. Entendendo todo esse contexto, ficou evidenciado a possibilidade e viabilidade de desenvolvimento de um Trabalho de Conclusão de Curso.

O problema em questão compreende um conjunto de máquinas do processo de transporte e estocagem da ração. Tais equipamentos consistem em uma esteira, onde nela há gavetas/comportas que abrem e fecham direcionando a ração pronta para o silo de

armazenamento pré-definido para que, após o lote pronto, seja carregada em caminhão para transporte e entrega ao cliente.

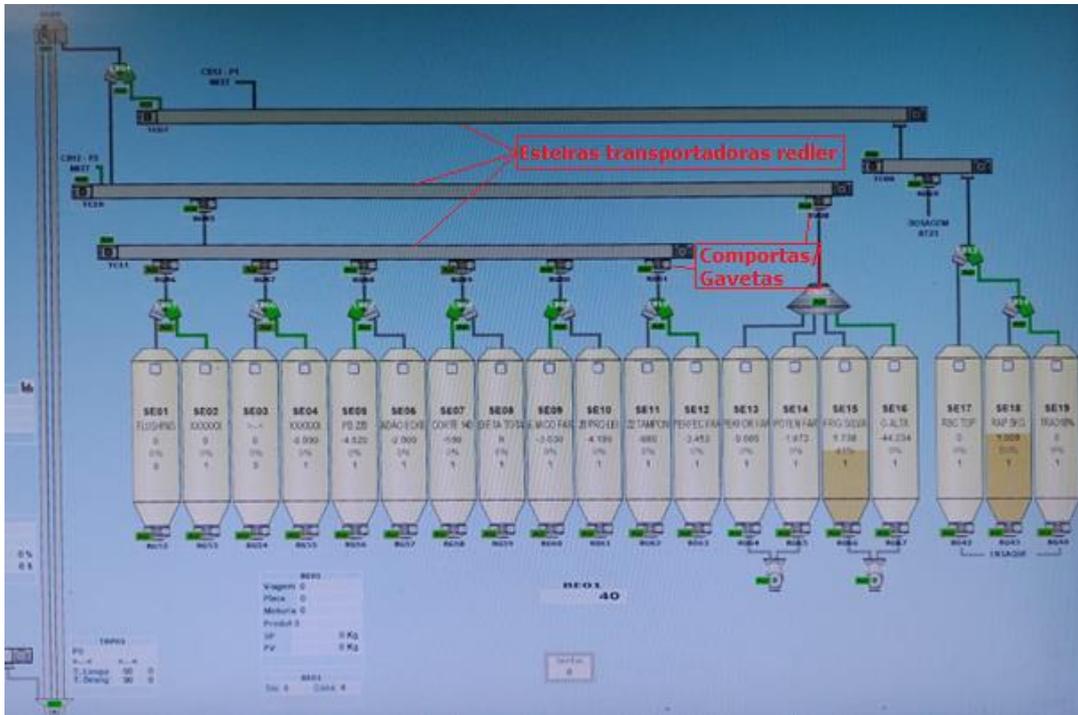
A falha nessa seleção compromete toda a produção, pois ocorrendo uma mistura incorreta, esta altera a formulação e, conseqüentemente, compromete a qualidade final da ração, podendo todo lote ser descartado. Dessa forma, deve-se investigar os motivos que levam a essa falha, e como proceder para que não mais ocorra.

Para o controle de automação da fábrica, a cooperativa utiliza o sistema supervisório chamado SigaFran ou Sistema de Gerenciamento e Automação para Fábricas de Rações e Nutrição Animal. Este sistema é fornecido pela empresa Só Automação (SÓ AUTOMAÇÃO, 2023), uma empresa com amplo conhecimento na área de fábricas de rações e nutrição animal. Esse sistema supervisório é utilizado para controle, gerenciamento, automação e rastreabilidade de toda a fábrica de rações e nutrição animal, proporcionando o controle total desde o recebimento das matérias primas até a expedição do produto acabado.

Através do sistema supervisório, visualiza-se as informações de toda a fábrica, e também é utilizado para monitorar de forma autônoma, os dados mais importantes do processo produtivo. Além de ser utilizado para o controle organizacional, também coleta e organiza as informações essenciais, garantindo que tudo esteja sob controle e facilitando a gestão do processo. A Figura 10 mostra uma parte do sistema supervisório usado pela empresa para controlar e monitorar toda a operação da fábrica de ração, onde consta também as informações sobre todas as comportas, identificando quando uma comporta está aberta ou fechada.

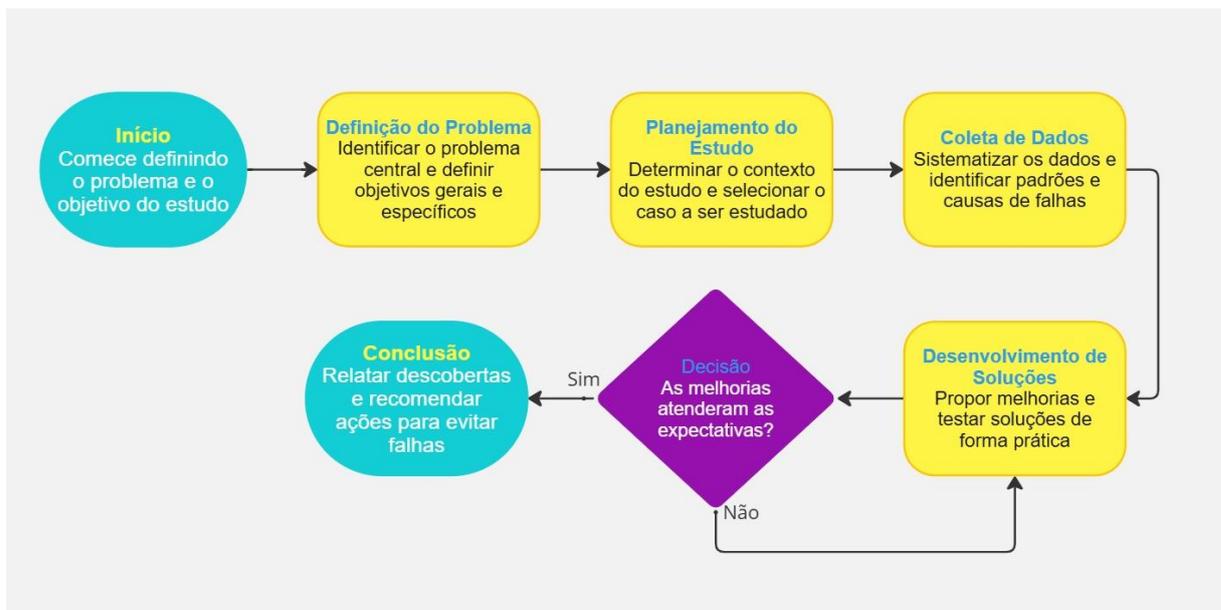
Este trabalho de conclusão de curso foi elaborado utilizando método de estudo de caso. De acordo com as diretrizes de Yin (2001), essa abordagem de pesquisa é preferível em relação a outras como experimentos, quando a pesquisa visa responder questões sobre um conjunto contemporâneo de eventos sobre os quais o pesquisador tem pouca ou nenhuma influência. Dado o contexto em que os eventos que afetam a produtividade da linha de produção ocorrem, e a limitada influência do pesquisador sobre tais, o método de estudo de caso se revelou a escolha mais apropriada. Utilizando as diretrizes de Yin (2001), foi elaborado um fluxograma baseando-se neste estudo de caso, conforme mostra a Figura 11.

Figura 10 - A figura mostra o conjunto de esteiras transportadora do tipo Redler com comporta/gaveta e silos de armazenagem (sistema supervisório).



Fonte: Autor (2024)

Figura 11 - Fluxograma baseado no estudo de caso



Fonte: Autor (2025)

3.2 METODOLOGIA

A realização deste projeto foi dividida em etapas destinadas a cumprir os objetivos específicos definidos na seção de Introdução. Partiu-se da premissa de que, ao alcançar esses objetivos específicos, se chegaria mais próximo de resolver o problema central, que é o objetivo geral identificado. Embora nem todas as atividades estejam diretamente relacionadas entre si, suas conclusões contribuem de forma conjunta para a resolução da situação-problema. Os dados foram coletados de acordo com o histórico de ração para bovinos, número do silo e falhas que aconteceram no período compreendido do estudo. Os dados foram extraídos diretamente do sistema supervisorio da empresa, além de questionário aplicado aos responsáveis pela manutenção, após coletados, foram organizados em tabelas separadas por períodos a cada 200 horas trabalhadas.

Para a obtenção dos dados, utilizou a Tabela de Identificação de Falhas (Tabela 1), a qual se refere a uma forma objetiva para sintetizar valores, conduzindo-os a uma visão geral de sua variação, organizando e descrevendo dados a partir de tabelas, gráficos e medidas descritivas. Embora a Tabela de Identificação de Falhas tenha sido criada para este trabalho em específico, esta foi inspirada no sistema de Análise de Falhas que foi comentado anteriormente no capítulo de Fundamentação Teórica

Na Tabela 1, apresenta-se o questionário realizado durante os encontros com a equipe da manutenção a partir da data inicial da pesquisa, e assim, organizadas em associação com seus objetivos específicos correspondentes de acordo com a sequência de execução. Tal questionário continua até que alcancemos as relações com as atividades propostas de melhorias e práticas aprimoradas, que representam as soluções pretendidas.

Para tentar identificar a causa do problema, utilizou-se o método dos “5 porquês”, ferramenta esta que já foi comentada no capítulo de Fundamentação Teórica. Ainda assim, ressaltasse que a mesma consiste em fazer perguntas para descobrir as causas raízes de um determinado problema em questão. O método dos 5 porquês é utilizado no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios (OHNO, 1997). O método consiste em perguntar o porquê de um problema sucessivas vezes, para se encontrar a sua causa raiz.

Ele usa um conjunto específico de etapas, com instrumentos associados, para encontrar a causa primária do problema, de modo que você pode: determinar o que aconteceu, determinar por que isso aconteceu e descobrir o que fazer para reduzir a probabilidade de que isso aconteça novamente. As perguntas que constaram na análise dos 5 Porquês para este caso específico são as seguintes:

- POR QUE a gaveta apresentou defeito?
- POR QUE a gaveta ficou emperrada?
- POR QUE havia excesso de sujeira no trilho?
- POR QUE não tinha sido realizado manutenção e limpeza?
- POR QUE a equipe de manutenção não tinha a informação que deveria fazer essa manutenção frequentemente?

Estas perguntas formaram uma tabela com as perguntas e respostas que será apresentada no capítulo seguinte (Resultados e Discussões). Vale comentar que, embora seja o método dos “5 Porquês” é permitido que se tenha menos de cinco perguntas e mais de cinco perguntas. Tudo depende do tipo de problema que se está atacando.

Tabela 1 – Tabela de Identificação de Falhas

	1º período 0h - 200h	2º período 200h - 400h	3º período 400h - 600h
Número de falhas			
O que falhou			
Tipo da razão em que apresentou a falha			
Qual silo que apresentou o problema			

Fonte: Autor (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS POTENCIAIS FALHAS

Na realização deste trabalho, um dos pontos observados foi que não existem planos de manutenção para os equipamentos citados neste estudo e nenhum histórico ou relatório do controle das falhas. Existem apenas alguns breves relatos dos responsáveis pelas manutenções. Isso acontece, pois quando estas falhas ocorrem, simplesmente é realizada a manutenção corretiva, sem utilizar nenhum registro ou controle para arquivar detalhes das avarias.

Somente equipamentos de maior criticidade têm planos de manutenção preventiva, sendo eles a caldeira a vapor e o moinho de grãos. No passado, a manutenção destes equipamentos era realizada pela própria equipe de manutenção da cooperativa, mas devido a várias paradas e quebras destes equipamentos, dificuldade com mão de obra especializada e legislação, a cooperativa decidiu por terceirizar o planejamento e execução das manutenções preventiva e corretiva destes equipamentos.

A manutenção tem a maior parte de seus recursos gastos em paradas não-planejadas (incluindo o tempo gasto na manutenção corretiva), nas quais as ações são tomadas após o surgimento da falha nos equipamentos, tendo que realizar a manutenção corretiva não-planejada. Sabendo disso, durante cada período de acompanhamento do processo, foram realizadas reuniões com a equipe de manutenção, juntamente com os controladores da fábrica, para identificar e coletar dados sobre as falhas. Nessas reuniões, tentou-se buscar respostas ao questionário elaborado para o levantamento de dados, como:

- Quantas falhas ocorreram no período?
- Qual equipamento falhou?
- Tipo da ração que estava sendo fabricada?
- Qual silo apresentou o problema?

A cada encontro foram identificados os problemas que aconteceram durante os respectivos períodos e coletados os dados das falhas e, posteriormente foi realizada uma pesquisa para ajudar a identificar quando e por qual motivo aconteceram as falhas, que no início

a equipe acreditava ser nos sistemas de sensoriamento das comportas dos silos. Após a coleta dos dados, foi preenchida a Tabela 2 (Tabela de Identificação de Falhas) para comparar os resultados e tentar identificar algum padrão de repetição nas falhas. Conforme comentado anteriormente, esta tabela foi inspirada na Análise de Falhas.

Tabela 2 - Tabela de Identificação de Falhas preenchida.

	1º período 0h - 200h	2º período 200h - 400h	3º período 400h - 600h
Número de falhas	1	1	1
O que falhou	Comporta da Redler travou fechada	Comporta estava funcionando, porém caiu ração em outro silo	Comporta estava funcionando, porém caiu ração em outro silo
Tipo da ração em que apresentou a falha	Personalizada	Linha Tamponada	Linha Tradição
Qual silo que apresentou o problema	Silo 2	Silo 4	Silo 3

Fonte: Autor (2024)

Como a fábrica trabalha em três turnos, ou seja, 24 horas por dia, para melhor acompanhamento do processo, as coletas de dados foram analisadas em períodos de 200 horas de operações cada. No decorrer do 1º período, aconteceu uma falha na comporta da Redler que abastecia o Silo 2 que travou fechada, na qual identificou-se que o mecanismo de abertura e fechamento da comporta parou de funcionar, causando uma interrupção no fluxo de ração, e no momento da falha estava-se fabricando uma ração personalizada. Já no decorrer do 2º período, a comporta da esteira Redler estava funcionando, mas houve um problema com a distribuição da ração no Silo 4, resultando em ração caindo em um silo diferente do planejado. No acontecimento da falha, estava-se fabricando uma ração comercial linha Tamponada. E no decorrer do 3º período, a comporta do Silo 3 estava funcionando, mas novamente a ração caiu

em um silo incorreto, ocasionando assim a falta de ração no lote armazenado neste silo. A ração destinada ao silo 3 foi jogada em outro silo. Ou seja, embora a comporta do Silo 3 e a esteira Redler tenham funcionado normalmente, esta última não foi suficiente para dar vazão ao produto que deveria ser armazenado no Silo 3, ocorrendo mistura de rações em outro silo.

Por meio do levantamento dos dados e da comparação dos mesmos por meio da ferramenta utilizada, descobriu-se algumas das possíveis causas que acarretaram falhas. Com esses dados em mãos, identificou-se que, o tipo da ração produzida, ração personalizada ou ração Tamponada e Tradição (que são linhas comerciais), não interferiam na falha, pelo fato do problema não se repetir devido ao tipo da ração que estava em fabricação. Em outras palavras, o tipo de ração fabricada não era um fator relevante que pudesse causar falhas.

Em reunião, utilizando os dados adquiridos, os responsáveis elencaram como o mais grave, o problema das gavetas travando na posição aberta ou fechada. Este problema foi escolhido como o mais grave devido ao seu impacto financeiro pelo desperdício da ração. Visto isso, foi realizada uma busca pela causa do problema.

No início do trabalho, como relatado anteriormente, acreditou-se que o problema estava no mau funcionamento dos sensores de abertura e fechamento das comportas, então, para realizar esta verificação, foi utilizado um alicate amperímetro digital AAV 4200 marca Vonder, conforme ilustra a Figura 12, para a realização de um teste de continuidade e também uma medição de tensão nos sensores de fim de curso ME-8108, localizado nos trilhos das comportas. Nessa verificação, identificou-se que os sensores estavam funcionando normalmente, porém, a falha continuou acontecendo. Também se notou um excesso de poeira nos trilhos, então foi realizado a limpeza dos mesmos.

Figura 12 – Alicate amperímetro digital AAV 4200 marca Vonder



Fonte: Alicate amperímetro digital AAV 4200, Vonder (2024)

Como não foram identificados problemas nos sensores, foi preciso realizar uma nova pesquisa para identificar qual ferramenta da qualidade se encaixaria melhor para detectar o problema em questão. Na pesquisa realizada, foi identificado que o método mais adequado e mais utilizado para casos em que a causa raiz não é tão evidente e que serviria para esse problema seria o método dos “5 porquês”. Então, conforme mostra a Tabela 3, foi aplicado a ferramenta e respondidos juntamente com os responsáveis pela manutenção da fábrica e pessoas diretamente ligadas ao processo.

Identificando a causa raiz da falha principal, que é o excesso de poeira e a falta de limpeza adequada em decorrência da inexistência de um plano de manutenção preventiva com a finalidade de evitar os problemas desses equipamentos, foi recomendado a criação do mesmo

Tabela 3 - Análise 5 Porquês

Problema	Gaveta com defeito
POR QUE a gaveta apresentou defeito?	Porque a gaveta ficou emperrada.
POR QUE a gaveta ficou emperrada?	Porque havia muita poeira e sujeira no trilho.
POR QUE havia excesso de sujeira no trilho?	Porque não tinha sido feito manutenção e limpeza.
POR QUE não tinha sido realizado manutenção e limpeza?	Porque a equipe de manutenção não sabia que deveria fazer essa manutenção frequentemente.
POR QUE a equipe de manutenção não tinha a informação que deveria fazer essa manutenção frequentemente?	Porque não existe um plano de manutenção para esse equipamento.

Fonte: Autor (2024)

Buscando entender o porquê acontecia esse excesso de poeira nos trilhos, observou-se alguns fatores externos que influenciam diretamente no acúmulo prematuro de sujeira, fatores esses como:

- A fábrica de ração fica localizada próximo ao acesso ao pátio da cooperativa;
- Existe um ponto de recebimento de grãos próximo a fábrica;
- Grande fluxo de caminhões, principalmente para carga e descarga de grãos;
- A fábrica é localizada às margens da RS-223 e VRS-824 e, portanto, possui alto fluxo de veículos;
- A movimentação de grãos gera muita poeira (principalmente milho e trigo);
- A poeira gerada pelo próprio processo de fabricação e carregamento da ração.

- Além do clima e a umidade relativa do ar também influenciam no acúmulo de poeira.

A Figura 13 mostra a localização da fábrica de ração em relação aos fatores apontados anteriormente. Levando em consideração esses fatores externos, juntamente com a característica e modelo do trilho utilizado nas comportas e tipo de lubrificação empregada, observou-se a necessidade da frequente realização de limpeza dos trilhos.

Figura 13 – Localização da fábrica de ração



Fonte: GOOGLE MAPS (2019)

Com a utilização das ferramentas da qualidade de análise de falhas e dos “5 porquês”, juntamente com os responsáveis pela manutenção da fábrica, conseguiu-se identificar alguns problemas e possíveis ações de melhoria no processo. Após, foi elaborada a Tabela 4, para organizar as informações de forma estruturada.

Tabela 4 – Identificação dos principais problemas e possíveis ações de melhoria

Problema Identificado	Descrição	Ação requerida
Equipamentos estão subdimensionados	Os equipamentos não suportam o aumento do volume de ração produzido devido à depreciação dos equipamentos da fábrica	Avaliar e planejar a modernização ou substituição dos equipamentos
Falta de plano de manutenção	Não existe um plano de manutenção adequado para os equipamentos da fábrica	Desenvolver e implementar um plano de manutenção preventiva e corretiva
Falta de ração nos Silos 3 e 4	A maior parte da falta de ração ocorre devido a falhas ou limitações nos Silos 3 e 4	Realizar inspeções detalhadas e corrigir os problemas estruturais ou operacionais nos silos
Falta de um responsável pelo agendamento das manutenções	Não se tem uma pessoa responsável pelo agendamento e controle das manutenções realizadas	Criar uma função para um responsável pelo controle e planejamento das manutenções
O difícil acesso as comportas de abastecimento dos silos	A dificuldade de acesso as comportas para a realização de manutenções devido estarem localizadas acima dos silos	Criação de uma plataforma ou passarela de acesso as comportas, facilitando o acesso para a manutenção

Fonte: Autor (2024)

Apesar da limpeza e lubrificação ser uma manutenção simples, que os próprios operadores da fábrica poderiam realizá-la (manutenção autônoma), isto não é possível, pois as comportas ficam logo acima dos silos, localizadas a aproximadamente 10 m de altura. Sendo assim, a equipe de segurança do trabalho e a própria cooperativa, buscam juntas sempre estabelecer medidas de segurança necessárias ao trabalho em altura, exigindo que o técnico ou manutentor tenha certificação de NR-35 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2022). Esta norma “estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução de forma a garantir a

segurança e saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade” (GONGORA, 2015). Em suma, apenas os profissionais com habilitação podem fazer a tarefa de limpeza e lubrificação, ficando impedida a participação dos operadores.

Além da descoberta anterior, observou-se outro problema: uma falha repetida de descarte e falta de produto nos Silos 3 e 4. Portanto, identificou-se que os silos em questão compartilham da mesma comporta. Então, para identificar a causa do problema, foi aplicado novamente a ferramenta da qualidade dos “5 porquês”, para que chegue na causa raiz, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Análise da causa raiz (5 porquês)

Problema	Descarte de Produto
POR QUE a esteira descarta produto?	Porque não cai toda a ração na gaveta que deveria cair, então o produto sai na gaveta aberta.
POR QUE a gaveta fica aberta?	Para que não embuche/ fique trancada.
POR QUE ela descarta produto se a comporta selecionada está aberta?	Porque a gaveta selecionada não tem vazão suficiente.
POR QUE a gaveta não tem vazão suficiente?	Porque a gaveta é subdimensionada.

Fonte: Autor (2024)

Analisando o resultado obtido mediante o uso da ferramenta, identificou-se que a comporta da esteira transportadora Redler, que abastece os Silos 3 e 4, não tinha vazão suficiente para a demanda exigida. Então, esta descartava produto por meio de uma gaveta aberta localizada no final da Redler. Essa comporta aberta é utilizada para que qualquer resíduo de ração saia e não congestionue o fluxo de produto, caso alguma comporta que devia estar aberta não abra ou não abra o suficiente por alguma falha.

Após essa descoberta, observou-se que este problema não é único da comporta que abastece os silos 3 e 4, sendo também um problema de todas as outras e, por esses silos serem os mais utilizados o problema acontece mais comumente neles. Isto deixa claro que a planta da

fábrica, da forma como está configurada, não atende mais a demanda exigida de fabricação de ração, mostrando a necessidade de novos investimentos e substituições de alguns equipamentos.

4.2 PROPOSTAS DE MELHORIA

A manutenção eficiente de equipamentos industriais é um dos principais pilares para garantir a produtividade e a qualidade dos processos em uma fábrica. Esta seção apresenta um conjunto de recomendações para adequação da configuração e funcionamento da fábrica, com foco nas comportas associadas a transportadora Redler. Essas ações visam melhorar as condições de operação e manutenção, elevando o desempenho do processo produtivo como um todo.

Dentre as propostas, destaca-se a criação de uma nova comporta na transportadora Redler, complementando a existente que abastece os Silos 3 e 4. Essa medida busca aumentar a vazão e evitar desperdícios de ração, uma vez que esses silos são os mais utilizados. Além disso, foi elaborado um cronograma de manutenções preventivas e periódicas, que inclui a limpeza do sistema de trilhos das comportas, mitigando problemas como o emperramento.

O plano de manutenção desenvolvido serve como um guia prático para a equipe de manutenção, alinhando as atividades preventivas às condições operacionais e às necessidades específicas da fábrica. Adicionalmente, o estudo aborda a análise de custos associados às paradas de produção ocasionadas por falhas nas comportas, justificando as intervenções propostas e destacando a importância de melhorias técnicas.

A seguir, são detalhados o plano de manutenção, a análise de custos e o desenvolvimento de soluções técnicas, incluindo a aplicação de um novo projeto mecânico para o comportamento, reafirmando o compromisso com a eficiência, a confiabilidade operacional e a sustentabilidade dos processos produtivos.

4.2.1 Plano de Manutenção

Para assegurar o bom funcionamento do equipamento, foi criado como sugestão um Plano de Manutenção para a cooperativa, focado nas comportas da Redler, sendo um guia prático para melhor organização das atividades da equipe de manutenção, indicando quais atividades devem ser feitas, em quais equipamentos e com que frequência. O uso do plano de manutenção facilita o acompanhamento e a organização da rotina da equipe de manutenção, garantindo que tudo seja realizado conforme o planejado, ajudando a evitar problemas recorrentes.

O plano de manutenção pode ser adaptado conforme o uso, as condições do ambiente e as recomendações do fabricante. É importante revisá-lo regularmente, com base nos resultados e nas necessidades da operação, para mantê-lo eficiente. Abaixo segue a Tabela 6, onde se tem uma pequena amostra de um plano de manutenção criado como sugestão (o plano de manutenção completo se encontra no APÊNDICE A), organizada com as principais atividades preventivas para a comporta de uma transportadora Redler.

Tabela 6 – Plano de manutenção das comportas da transportadora Redler

Plano de Manutenção Preventivo			
Equipamento:	Comportas/Gavetas da transportadora Redler		
Periodicidade	Atividade	Descrição	Responsável
Semanal	Inspeção visual	Verificar desgaste, corrosão, acúmulo de resíduos e funcionamento sem ruídos ou esforços.	Técnico de manutenção
	Verificação de fixações	Checar e apertar parafusos e porcas, se necessário.	Técnico de manutenção
	Limpeza superficial	Remover resíduos visíveis na comporta e áreas próximas.	Técnico de manutenção
	Lubrificação	Aplicar lubrificante nas partes móveis, conforme indicado pelo fabricante.	Técnico de manutenção

No caso da comporta de uma transportadora Redler em uma fábrica de ração, a manutenção preventiva é indispensável para manter o bom funcionamento do processo produtivo, aumentando a vida útil, evitando paradas inesperadas e evitando desperdícios de produto.

4.2.2 Ordem de Serviço

Para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e máquinas, foi criado como sugestão um modelo de Ordem de Serviço (OS), conforme mostra a Figura 14, para a manutenção, essa ferramenta é um documento importante, pois, com ela é possível registrar as atividades realizadas. Com a utilização da OS, a equipe de manutenção consegue planejar e gerir as manutenções preditivas, preventivas e corretivas, garantindo uma maior eficiência dos processos produtivos, além de gerir de maneira mais eficiente as questões referentes a custos.

Figura 14 – Sugestão de ordem de Serviço para a cooperativa

Ordem de Serviço				Nº.....			
Unidade:.....				Data:...../...../.....			
Equipamento:.....				Conjunto:.....			
Tipo de serviço:				<input type="checkbox"/> Corretiva	<input type="checkbox"/> Preventiva	<input type="checkbox"/> Melhoria	<input type="checkbox"/> Predial
Parou a máquina?		Trabalho a ser realizado:.....					
						
		Trabalho realizado:.....					
						
						
Início da Ocorrência		Data	Hora:	Mão de Obra			
	/...../..... :	Nome	Data	Início	Término
Início do Conserto		Data	Hora:				
	/...../..... :				
Fim do Conserto		Data	Hora:				
	/...../..... :				
Fim da Ocorrência		Data	Hora:				
	/...../..... :				
Peças Utilizadas para o Serviço							
Código	Descrição		Qtd.				

Fonte: Autor (2024)

4.2.3 Estimativa de custo com ração não fabricada

Esta seção inicia com uma estimativa dos custos da ração não fabricada em função das paradas para manutenção nos silos de armazenamento. Esta estimativa ajuda a justificar a criação de uma nova comporta, questão que será discutida em seguida.

Para estimar o custo de uma comporta “parada” devido a uma falha, foram analisadas as seguintes informações. Quando ocorre uma falha nas comportas durante o processo de armazenagem, a produção também precisa ser interrompida. Isso ocorre porque, para realizar a manutenção na comporta, é necessário parar a transportadora Redler. Assim, a produção é suspensa, já que, sem a possibilidade de armazenar a ração produzida, não é possível dar continuidade ao processo.

A fábrica opera 24 horas por dia, com uma produção média de aproximadamente 22 toneladas/dia. Quando ocorrem falhas nas comportas, o tempo necessário para realizar a manutenção é, em média, de 1 hora. O custo por tonelada de ração produzida varia entre R\$ 1.450,00 e R\$ 2.700,00, dependendo do tipo de ração que está sendo produzida.

Para estimar o quanto custa para a fábrica ficar parada por hora, devido a parada no sistema de armazenagem, emprega-se a Equação 1, onde se consegue estimar o custo da ração que deixou de ser fabricada ou ração não-fabricada (CNR) devido a falha.

$$\text{CNR} = \text{RPH} \times \text{VR} \times \text{TM} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

CNR = Custo de ração não fabricada (R\$)

RPH = Ração produzida por hora (toneladas)

VR = Valor da ração produzida (R\$)

TM = Tempo de manutenção (horas)

Para estimar quantas toneladas de ração são produzidos em média por hora, empregou-se a Equação 2.

$$\text{RPH} = (\text{PD} / \text{TP}) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

RPH = Ração produzida por hora (toneladas)

PD = Produção diária (toneladas)

TP = Tempo de produção (horas)

Então, ao se utilizar das equações, consegue-se estimar o custo de ração não fabricada devido a falhas ocorrentes nas comportas. Então com as informações citadas anteriormente e utilizando a Equação 2 tem-se:

RPH = Ração produzida por hora (toneladas)

PD = 22 t

TP = 24 horas

$$RPH = (22 \text{ t} / 24 \text{ h}) \quad \text{Equação (2)}$$

Então, tem-se:

RPH = 0,9166 toneladas

Agora, sabendo o RPH, é possível aplicar a Equação 1 para os 3 casos de parada da fábrica devido as falhas, e calcular o Custo de ração não fabricada (CNR) em cada período.

- Para o 1º período da Tabela 2, onde a ração foi a Linha Personalizada tem-se:

CNR = Custo de ração não fabricada (R\$)

RPH = 0,9166 t

VR = R\$2.700,00

TM = 1 hora

$$CNR1 = 0,9166 \times 2.700,00 \times 1 \quad \text{Equação (1)}$$

Então, tem-se:

$$\text{CNR1} = \text{R\$ } 2.474,82$$

- Para o 2º período da Tabela, onde a ração foi a Linha Tamponada, tem-se:

$$\text{CNR} = \text{Custo de ração não fabricada (R\$)}$$

$$\text{RPH} = 0,9166 \text{ t}$$

$$\text{VR} = \text{R\$ } 2.300,00$$

$$\text{TM} = 1 \text{ hora}$$

$$\text{CNR2} = 0,9166 \times 2.300,00 \times 1 \quad \text{Equação (1)}$$

Então, tem-se:

$$\text{CNR2} = \text{R\$ } 2.108,18$$

- Para o 3º período da Tabela 2, onde a ração foi a Linha Tradição, tem-se:

$$\text{CNR} = \text{Custo de ração não fabricada (R\$)}$$

$$\text{RPH} = 0,9166 \text{ t}$$

$$\text{VR} = \text{R\$ } 2.000,00$$

$$\text{TM} = 1 \text{ hora}$$

$$\text{CNR3} = 0,9166 \times 2.000,00 \times 1 \quad \text{Equação (1)}$$

Então, tem-se:

$$\text{CNR3} = \text{R\$ } 1.833,20$$

Com a utilização das equações se chega aos valores de custo de ração não fabricada por hora parada CNR1, CNR2 e CNR3.

Levando em consideração o período do estudo, que perfazem 600 h trabalhadas, a fábrica parou 3 vezes. Então utilizasse a Equação 3 para calcular o custo por perda de produção no período, que seria o somatório dos custos de ração não fabricadas.

$$\text{CPP} = \sum \text{CNR} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

CPP = Custo por perda de produção (R\$)

CNR = Custo de ração não fabricada (R\$)

Assim, calcula-se o custo por perda de produção durante o período de estudo:

$$\text{CPP} = \text{R\$ } 2.474,82 + \text{R\$ } 2.108,18 + \text{R\$ } 1.833,20 \quad \text{Equação (3)}$$

Portanto, chega-se à conclusão que a cooperativa teve um custo por perda de produção de CPP = R\$ 6.416,20 somente em ração não produzida, sem considerar outros fatores como:

- Considerou-se paradas para manutenção de apenas 1 hora;
- Custo por colaboradores;
- Custos de operação da própria fábrica
- Atraso na entrega das rações para o cliente final.
- Desperdício final de ração já produzida quando esta é descartada no final da esteira Redler devido a não abertura de uma comporta.

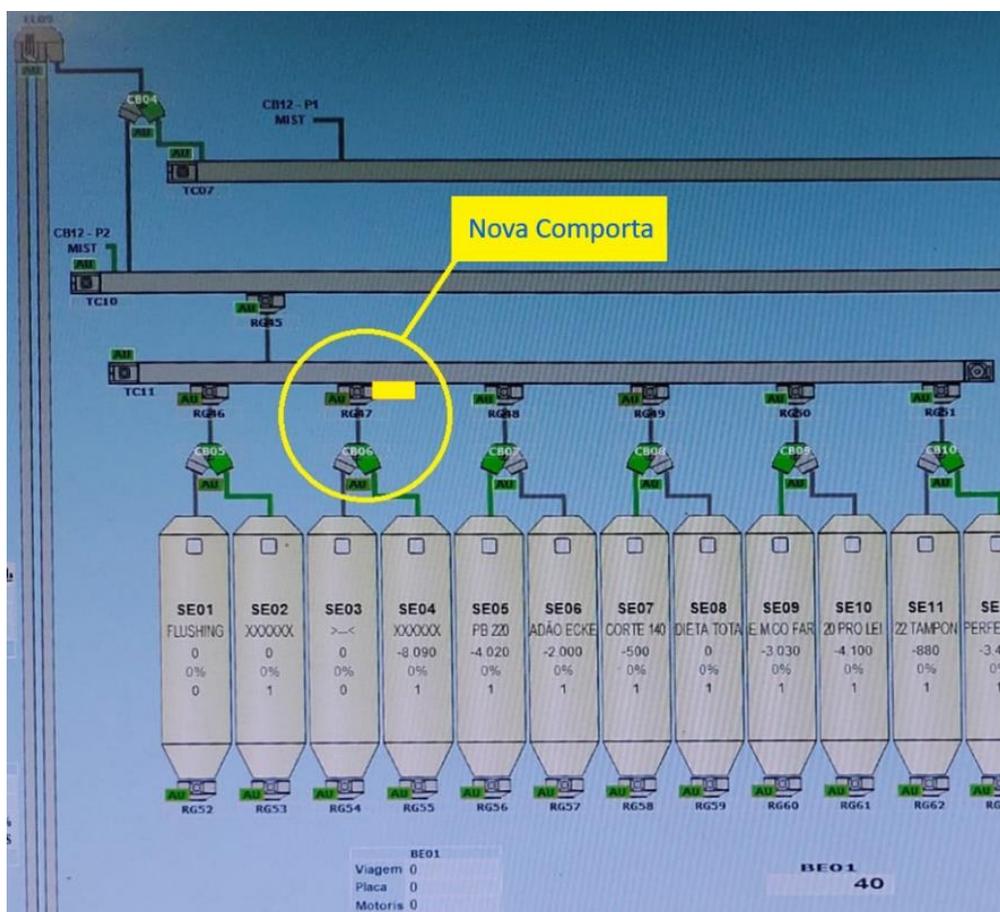
Com a estimativa do custo de ração não fabricada (CNR), além de outros custos não computados e, com o objetivo de resolver o problema das interrupções no armazenamento (e, conseqüentemente na produção) sugeriu-se a instalação de uma nova comporta. A seguir, então, será relatado como se deu seu desenvolvimento.

4.2.4 Desenvolvimento de uma nova comporta

Sabe-se que a interrupção no armazenamento ocorre devido ao emperramento das comportas, muitas vezes causada por falta de limpeza e manutenção, questão agravada em função do difícil acesso aos equipamentos. Para isso, a única solução razoável é seguir o Plano de Manutenção sugerido que inclui limpeza e manutenção das comportas, ou seja, uma solução de médio a longo prazo que depende de fatores como, por exemplo, o envolvimento da gestão

da empresa no processo. Contudo, havia uma ação possível no curto prazo que poderia diminuir as paradas para manutenção que surge do fato de que havia apenas uma comporta de abastecimento para atender aos Silos 3 e 4. Embora os outros silos sofressem do mesmo problema, este era uma questão significativamente mais grave pois os Silos 3 e 4 são os mais solicitados e a solução óbvia foi a instalação de uma nova comporta. A localização desta nova comporta foi definida e é mostrado na Figura 15 e, a partir daí, partiu-se para o projeto de uma comporta que fosse tecnicamente mais adequada para este serviço.

Figura 15 – Sistema de abastecimento dos silos (sistema supervisorio)



Fonte: Autor (2024)

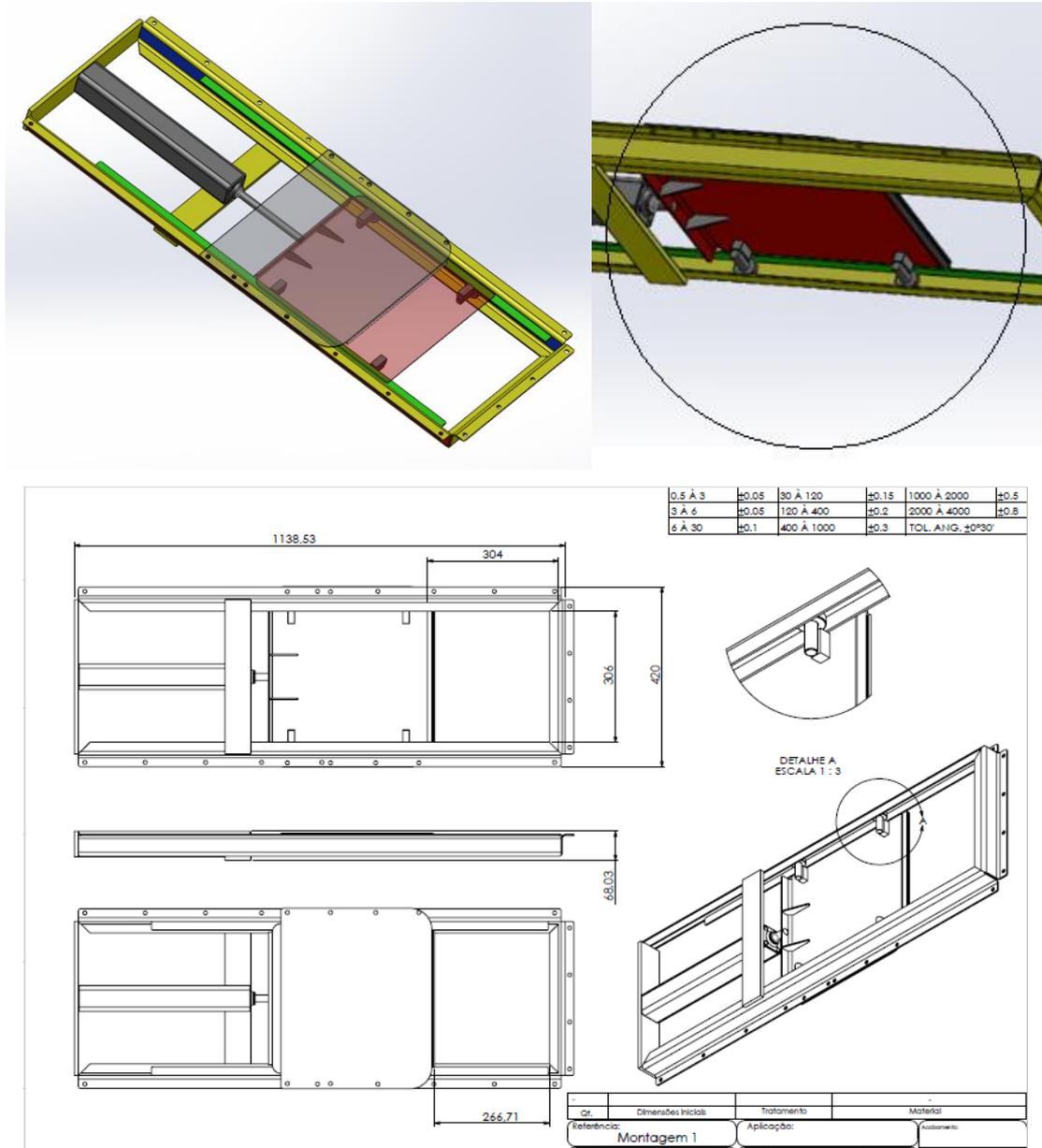
Para o projeto da nova comporta complementar, utilizou-se as dimensões para o bocal da comporta de 300 mm de largura por 300 mm de abertura da comporta. Os materiais usados para a estrutura da comporta foi aço carbono A36 e para a lâmina que terá contato com as rações foi utilizado aço inoxidável AISI 304. Para a fabricação da comporta foi utilizada a estrutura

mecânica de comportas antigas já desativadas, justificando assim as definições das dimensões e materiais escolhidos. Neste caso, seguiu-se o padrão das comportas já utilizadas.

Com auxílio da ferramenta de desenho *Solidworks*, foi criado um projeto tridimensional (3D) da nova comporta a ser instalada. Conforme já comentado, esta segue o mesmo padrão de projeto das demais comportas já existentes com dois diferenciais: a incorporação de um rolamento para substituir os sistemas de trilhos que favorecem o emperramento e a utilização de um cilindro pneumático com características mais adequadas para o tipo de trabalho dentro de uma fábrica de rações.

A Figura 16 mostra o projeto da nova comporta já prevendo a utilização de rolamentos para facilitar a movimentação. Como o modelo de comporta utilizado na Redler trabalham em um tipo de trilho, de forma que uma chapa de aço desliza sobre a outra, criando assim um atrito e conforme ocorre o acúmulo de sujeira, maior será a resistência ao deslocamento da chapa. Pensando nisso, foi elaborado e proposto um projeto de melhoria para as comportas que poderia diminuir consideravelmente os problemas de as mesmas emperrarem. Esse projeto de melhoria, se trata da alteração do tipo de trilho, substituindo o sistema existente de “chapa sobre chapa” por um sistema com eixo e rolamento, conforme ilustra a Figura 14, onde esse rolamento seria blindado, evitando a entrada de poeira dentro do rolamento. Portanto, consegue-se aumentar o prazo para realizar a manutenção preventiva de limpeza do trilho e, conseqüentemente diminuir o tempo de máquina parada para a realização da manutenção preventiva.

Figura 16 – Desenho mecânico do sistema com eixo e rolamento

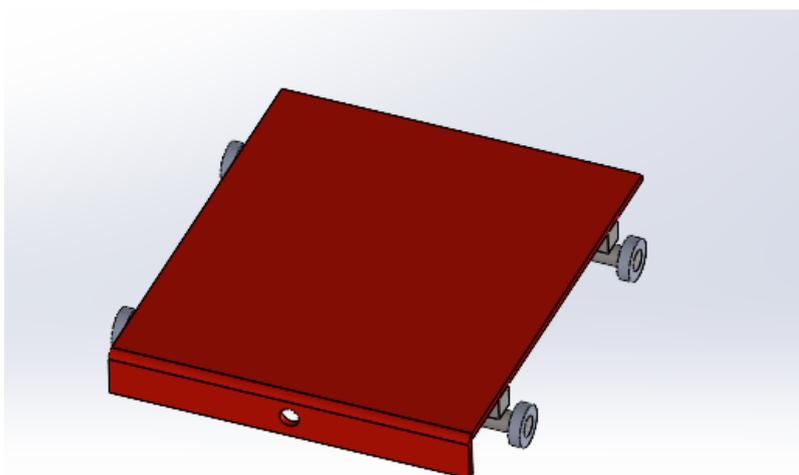


Fonte: Autor (2024)

Para dimensionar corretamente o cilindro pneumático, é necessário determinar a força que ele deve exercer para mover a carga. Nesse caso, a carga corresponde ao conjunto formado pela lâmina, eixos e rolamentos, conforme ilustrado na Figura 17. Utilizando o *SolidWorks*, foi identificado que a massa total desse conjunto é de 10 kg. Para garantir o bom funcionamento do sistema, aplica-se um coeficiente de segurança de 4, considerando fatores como atritos presentes no sistema, que podem aumentar a carga e dificultar o funcionamento adequado da

comporta ou mesmo um acúmulo indesejado de ração sobre a lâmina da comporta. Assim, multiplicando a massa pelo coeficiente de segurança, obtém-se uma massa total de 40 kg, que, convertida para Newtons, resulta em 392,27 N.

Figura 17 - Conjunto da lâmina juntamente com eixos e rolamentos



Fonte: Autor (2025)

Por fim, apresenta-se o dimensionamento do cilindro pneumático. Para o dimensionamento deste foi utilizado o catálogo da fabricante para o seu dimensionamento. O catálogo utilizado foi o da fabricante Parker (PARKER AUTOMATION, 2007) que contém a linha pneumática da empresa. A partir deste catálogo foi escolhido o modelo de cilindro Heavy Duty - Séries 3400 e 3520. Para o dimensionamento do cilindro pneumático foi utilizado os seguintes parâmetros:

- O cilindro deve ser de dupla ação;
- Força que o cilindro deverá desenvolver é de 392,27 N;
- A pressão de trabalho da linha da fábrica é de 8 bar;
- E o curso de trabalho do cilindro é de 300 mm.

A partir de agora, todo o processo segue as instruções constantes no catálogo da fabricante. O primeiro passo foi a aplicação do Fator de Correção (F_c) sobre a força exigida, ou seja, a força real que o cilindro vai desenvolver (considerando-se atrito interno, inércia, etc).

Para isso, foi multiplicado a força de projeto de 392,27 N por um fator de correção escolhido na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7: Fator de correção da força

Velocidade de deslocamento da haste do cilindro	Exemplo	Fator de correção (Fc)
Lenta com carga aplicada somente no fim do curso	Operação de rebtagem	1,25
Lenta com carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Talha pneumática	1,35
Rápida com carga aplicada somente no fim do curso	Operação de estampagem	1,35
Rápida com carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso	Deslocamento de mesas	1,50

Fonte: Parker Automation (2007)

Foi escolhida a opção “Rápida com carga aplicada somente no fim do curso”, conforme a Tabela 7, pois a comporta trabalha sem carga durante a abertura e fechamento. Como o cilindro deverá atuar de forma rápida então o fator de correção escolhido foi $FC = 1,35$. Com isso calcula-se a Força Real de Projeto pela Equação 4.

$$FRP = FP \times FC \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

FRP = Força Real de Projeto (N)

FP = Força de Projeto (N)

FC = Fator de correção (adimensional)

Aplicando a Equação 4 com as informações citadas, tem-se:

$$FP = 392,27 \text{ N}$$

$$FC = 1,35$$

$$FRP = 392,27 \text{ N} \times 1,35 \quad \text{Equação (4)}$$

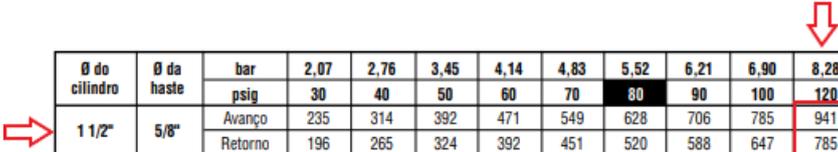
Chegasse assim ao valor de:

$$FRP = 529,56 \text{ N.}$$

Conforme mencionado anteriormente, a pressão de trabalho da rede é 8 bar, entretanto, ao consultar a Tabela 8, verificou-se que o valor mais próximo e superior a 8 bar é 8,28 bar. Seguindo essa coluna e de acordo com o indicado em vermelho na tabela, identificou-se que o cilindro capaz de atender à força real de projeto requerida possui um diâmetro de 1 1/2" com uma haste com diâmetro de 5/8". Assim, os valores obtidos são:

- Força de avanço: 941 N;
- Força de retorno: 785 N.

Tabela 8: - Forças teóricas em Newton para cilindros de dupla ação de 1 1/2" a 12"

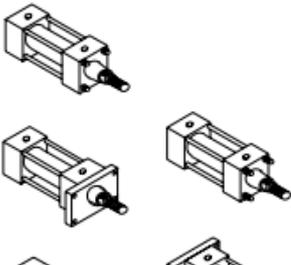
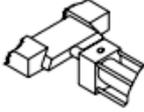
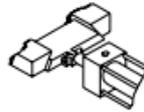


Ø do cilindro	Ø da haste	bar	2,07	2,76	3,45	4,14	4,83	5,52	6,21	6,90	8,28	9,66	13,79	17,24	20,69
		psig	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	200	250	300
1 1/2"	5/8"	Avanço	235	314	392	471	549	628	706	785	941	1098	1569	1961	2363
		Retorno	196	265	324	392	451	520	588	647	785	912	1294	1628	1951
2"	5/8"	Avanço	422	559	696	843	981	1118	1255	1402	1677	1961	2795	3491	4197
		Retorno	382	500	628	755	883	1010	1138	1265	1510	1765	2520	3158	3785
	1"	Retorno	314	422	520	628	735	843	941	1049	1255	1471	2099	2618	3148
	5/8"	Avanço	657	873	108	1314	1530	1746	1971	2187	2618	3060	4364	5462	6551

Fonte: Parker Automation (2007)

O esforço na haste do cilindro varia significativamente conforme a forma de instalação do cilindro. De acordo com o fabricante, na Tabela 9, é possível determinar o Coeficiente de Montagem (Cm) com base no tipo de montagem aplicado à haste do cilindro. Neste caso, como a haste do cilindro é fixada na lâmina, que é guiada por trilhos, adotou-se o Coeficiente de Montagem correspondente à configuração "Fixada e rigidamente guiada", onde o valor de Cm é igual a 1.

Tabela 9 – Coeficiente de montagem

Tipos de montagens		
Modelos	Suporte da haste (tipos)	Cm
	Fixada e rigidamente guiada 	1
	Pivotada e rigidamente guiada 	1,5

Fonte: Parker Automation (2007)

A seleção do tubo de parada é feita com base na Tabela 10, utilizando como parâmetros o curso de trabalho em polegadas (Ct) e o Coeficiente de Montagem (Cm). O resultado obtido indica o comprimento, em polegadas, do tubo de parada a ser especificado junto ao cilindro. No caso em análise, a haste possui um curso de trabalho de 300 mm (Ct = 11,81 polegadas). Contudo, ao consultar a tabela, verificou-se que o valor mais próximo e superior a 11,81” é 14”. De acordo com a tabela, não será necessário guiar a haste nem utilizar um tubo de parada.

Tabela 10 - Seleção do tubo de parada

Ct (in)	Cm (ver tabela 3)					
	1	1,5	2	3	4	8
Polegadas de tubo						
11	-	-	-	-	-	1
14	-	-	-	-	-	2
16	-	-	-	-	-	3
20	-	-	-	-	1	4
23	-	-	-	-	1	5
26	-	-	-	1	1	6
29	-	-	-	1	1	7
31	-	-	-	2	2	8
33	-	-	-	2	2	9

Fonte: Parker Automation (2007)

Para a seleção da haste, deve-se determinar o curso relativo (Lr) que é dado pela Equação 5.

$$Lr = C_m \times (C_t + TP) \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

Lr = Curso relativo

Cm = Coeficiente de montagem

Ct = Curso de trabalho (em polegadas)

TP = Comprimento do tubo de parada (em polegadas)

Assim tem-se:

Cm = 1

Ct = 14

TP = 0

$$Lr = 1 \times (14 + 0) \quad \text{Equação (5)}$$

Lr = 14 polegadas

Para localizar na Tabela 11 a força real do cilindro, ou seja, 529,56 N, sendo o valor mais próximo e superior encontrado na tabela é 667 N. A partir dessa linha, ao seguir para a direita até a coluna correspondente a Lr = 14, identificou-se que o valor mais próximo e superior a 14 é 106. Assim, verificou-se que o valor recomendado para haste é 5/8", o que confirma os resultados iniciais já calculados anteriormente a partir da Tabela 8. Com isso, de acordo com o fabricante, confirma-se a escolha do diâmetro da haste do cilindro de 5/8", concluindo a seleção do diâmetro do cilindro de 1 1/2" e diâmetro da haste de 5/8".

Tabela 11 - Valor de diâmetro recomendado para haste

Força do cilindro em N	Lr ("curso relativo" em polegadas)							
	Ø da haste (em polegadas)							
	5/8	1	1 3/8	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2
223	130	-	-	-	-	-	-	-
445	112	219	-	-	-	-	-	-
667	106	207	-	-	-	-	-	-
1112	82	183	285	-	-	-	-	-
1779	70	163	267	369	-	-	-	-
3114	58	131	229	335	401	543	-	-
4448	52	121	207	305	377	505	659	-
6227	46	101	183	271	347	483	619	759

Fonte: Parker Automation (2007)

Assim, conclui-se as propostas de melhoria, sendo que a comporta nova foi instalada contudo ainda sem as melhorias como o sistema de rolamentos e o cilindro pneumático dimensionado nesta seção.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso destacou a importância de uma abordagem técnica e estruturada para a resolução de problemas industriais, especialmente em contextos que envolvem equipamentos críticos no processo produtivo, como o sistema de abastecimento dos silos de uma fábrica de rações.

Dentre as ações, destacam-se a criação de um plano de manutenção preventiva, a instalação de uma comporta adicional para aumentar a vazão e a modernização do sistema de trilhos das comportas. Essas iniciativas foram conduzidas com o intuito de diminuir o tempo de paradas não programadas, minimizar desperdícios de ração e melhorar a confiabilidade operacional. Assim, contribuindo para a redução dos problemas de emperramento e aumentando a eficiência do processo produtivo.

Além disso, a introdução de ordens de serviço (OS) como ferramenta de gestão é uma sugestão de solução crucial para organizar e monitorar as atividades de manutenção. A proposta de OS permite maior controle sobre o histórico de intervenções realizadas, facilita a identificação de falhas recorrentes e promove um planejamento mais eficiente em ações preventivas e redução do tempo de paradas não planejadas.

Este estudo exemplifica como o conhecimento adquirido na graduação pode ser aplicado para solucionar desafios reais da engenharia mecânica, reforçando o papel estratégico da manutenção na melhoria contínua dos processos. Além disso, destaca a necessidade de envolvimento da gestão e de uma cultura organizacional voltada para inovação, planejamento estratégico e manutenção preventiva, elementos essenciais para garantir a excelência operacional.

Embora não tenha sido implementada a integridade das sugestões de melhoria propostas no tempo deste estudo, espera-se sucesso caso estas ações sejam implementadas o que deve evidenciar que soluções bem planejadas e executadas têm um impacto positivo e direto na redução de desperdícios, na confiabilidade dos sistemas e no aumento da competitividade. A continuidade das práticas de manutenção e produção na fábrica, inspirando novas abordagens no setor.

6. REFERÊNCIAS

AFFONSO, Luiz O. M. **Equipamentos Mecânicos: análise de falhas e solução de problemas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

ALICATE AMPERÍMETRO DIGITAL AAV 4200, - Vonder. Disponível em: <https://www.vonder.com.br/produto/alicate_ampmetro_digital_aav_4200_vonder/1205>. Acesso em: 6 dez. 2024.

ALLIANCE IND. MECÂNICA LTDA. alliance.ind.br. **Transportador de Arraste tipo Redler**. São Paulo: Alliance Ind. Mecânica Ltda, 2022. Disponível em: <http://www.tecnal.ind.br/movimentacao-de-portos/transportador-de-arraste-tipo-redler>. Acesso em: 21 set. 2023.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa Nº 4 de 23 de Fevereiro de 2007**. Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênicas Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Fabricantes de Produtos Destinados à Alimentação Animal e o Roteiro de Inspeção. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 01 Março de 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-4-de-23-de-fevereiro-de-2007.pdf/view>. Acesso em 17 de set. 2023.

CAPICONTROLE & AUTOMAÇÃO. **RÉGUAS POTENCIOMÉTRICAS E OUTROS SENSORES DE POSIÇÃO** 2023. Disponível em: <https://www.capicontrol.com.br/representadas/gefran/reguas-potenciometricas>. Acesso em: 28 set. 2023.

Chave Fim de Curso Citex - **Top opções de medição e sensores!** Disponível em: <<https://www.citex.com.br/medicao-sensores/fim-de-curso.html>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

CHAVES, LUCIENE. **VACCINAR NUTRIÇÃO E SAÚDE ANIMAL**. Belo Horizonte – MG: VACCINAR NUTRIÇÃO E SAÚDE ANIMAL, 2019. Disponível em: <https://nutricaoesaudeanimal.com.br/fabricacao-de-racoes/>. Acesso em: 5 dez. 2024.

CORDEIRO, Erik. **Análise de falhas: 5 ferramentas fundamentais para identificar**. In: **traction**. Análise de falhas. São Paulo, 17 jul. 2024. Disponível em: <https://traction.com/blog/ordem-de-servico-na-manutencao-guia-completo-2022>. Acesso em: 15 jan. 2025.

COTRIBA. **Institucional**. Disponível em: <https://cotriba.com.br/institucional/>. Acesso em: 28 set. 2023.

DOMBROYSK, Lucas. Ordem de Serviço na Manutenção: Guia Completo + Modelo. In: **traction**. Gestão da Manutenção. São Paulo, 29 jul. 2024. Disponível em: <https://traction.com/blog/ordem-de-servico-na-manutencao-guia-completo-2022>. Acesso em: 15 jan. 2025.

ENEREY. **Sensores Industriais**. 2017. Disponível em: <http://https://www.enerrey.com.br/blog/tipos-e-aplicacoes-de-sensores-na-industria?vss=2>. acesso em: 17 jan. 2025.

FÁBRICA DO PROJETO SÉRIE TRANSPORTADORES: **ELEVADOR DE CANECAS**. 2013. Disponível em: <https://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/02/serie-transportadores-elevador-de-canecas/>. Acesso em: 28 set. 2023.

FÁBRICA DO PROJETO SÉRIE TRANSPORTADORES: **REDLER OU TRANSPORTADOR DE ARRASTE**. 2013. Disponível em: <https://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/03/serie-transportadores-redler-ou-transportador-de-corrente/>. Acesso em: 28 set. 2023.

FERRAZ, Luiz Gomide. **Indústria 4.0: Conceitos aplicados às fábricas de ração animal** - Ferraz Máquinas e Engenharia LTDA. Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/industria-40-conceitos-aplicados-as-fabricas-de-racao-animal-luiz-gomide-ferraz.html>. Acesso em: 6 dez. 2024.

GONGORA, Aline (ed.). **Segurança e Saúde no Trabalho**. 15. ed. São Paulo: Yendis, 2015. 748 p.

GOOGLE MAPS. Google Maps. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-28.6416288>>. Acesso em: 8 dez. 2024.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. RITTER, J.; TEIXEIRA, L. A.; VIEIRA, M. (Trad.). 3 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

GSÍ BRASIL IND. E COM. DE EQUIP. AGROP LTDA. **TRANSPORTADORES DE CORRENTE REDLER**. 2023. Disponível em: https://www.grainsystems.com/pt_SA/produtos/movimentacao-de-graos/transportadores-de-corrente/transportadores-de-corrente-redler.html. Acesso em: 28 set. 2023.

GUITARRARA, Paloma. “ **Agropecuária**”; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/as-caracteristicas-agropecuaria.htm>. Acesso em 15 de setembro de 2023.

GUITARRARA, Paloma. **Pecuária. Brasil Escola**, 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/pecuaria.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024.

IMETAL INDÚSTRIA METALÚRGICA. **Registro de Gaveta Pneumático**. 2023. Disponível em: <https://www.imetal.ind.br/index.php/produtos/imetal/dosagens/registro-de-gaveta-pneum%C3%A1tico-detail>. Acesso em: 28 set. 2023.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KONZEN, Alessandro. **ESTUDO DO FLUXOGRAMA OPERACIONAL DOS GRÃOS EM UNIDADE ARMAZENADORA NÍVEL COLETOR**. Orientador: Prof. M.Sc. Jeferson Cunha da Rocha. 2012. TCC (Graduação) - Curso de ENGENHARIA AGRÍCOLA, UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES URI - CAMPUS DE ERECHIM, Erechim, 2012. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/3635.pdf. Acesso em: 17 set. 2023.

MANES, G. **Ordem de Serviço: o que é, para que serve e como emitir**. Disponível em: <<https://blog.contaazul.com/ordem-de-servico/>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MARANHÃO, Rebecca Lima Albuquerque; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Setor agropecuário brasileiro: perspectivas internacionais. **IPEA - DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO**, Brasília, ed. 88, ano 2016. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=3294&catid=29&Itemid=34. Acesso em: 15 set. 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NORMA REGULAMENTADORA 35: NR 35 - Trabalho em altura**. Brasília, 2022. 21 p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-35-atualizada-2022.pdf/view>. Acesso em: 20 jan. 2025.

NOGUEIRA, S. **Livestock and Products Annual**. 2021.

NOTÍCIAS, Comprer Rural. **CCPR investirá R\$ 132 milhões em fábrica de ração**. Disponível em: <https://www.comprerural.com/ccpr-investira-r-132-milhoes-em-fabrica-de-racao/>. Acesso em: 28 set. 2023.

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

OLIVEIRA, P. S. Importância do controle de qualidade de ingredientes e produtos no processo de produção de rações. Curitiba, 2016. p 46.

PARKER AUTOMATION. **Linha Pneumática**: Catálogo 1001-6 BR. Jacareí: Parker, 2007. Disponível Em: https://www.parker.com/parkerimages/br/download/automation/pdf/1001_6/03_cilindros.pdf. Acesso Em: 20 Jan. 2025.

PIAZZA, MARIO LUIZ. **O que são sensores industriais e por que eles são importantes?** Disponível em: <<https://www.weg.net/digital/blog/o-que-sao-sensores-industriais/>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

PINTO, Alan K.; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

RESENDE, Rafael. **SILOS DE ARMAZENAMENTO E DOSAGEM**. 2023. Disponível em: <https://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/silos-de-armazenamento-e-dosagem-rafael-resende.html>. Acesso em: 28 set. 2023.

ROCKBELL, FILIPE. **O impacto da qualidade de mistura na produção de rações: em busca da fórmula perfeita** - Portal DBO, 2024. Disponível em: <<https://portaldbo.com.br/o-impacto-da-qualidade-de-mistura-na-producao-de-racoes-em-busca-da-formula-perfeita/>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. São Paulo: Editora LTC, 1976.

SANTOS, Fabio S. **Ordem de Serviço de Manutenção: por que ela é importante?** Disponível em: <<https://www.abecom.com.br/ordem-de-servico-de-manutencao/>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

SANTOS, Virgilio F. M. dos. **Sete ferramentas da qualidade que você não deveria viver sem** - FM2S educação & consultoria. Campinas - SP, 4 abr. 2024. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/sete-ferramentas-da-qualidade>. Acesso em: 15 jan. 2025.

SENAI. Serviço Nacional da Indústria. Telecurso 2000 – **Módulos especiais mecânica**. 2000.

SENAR - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. Brasília: senar, 2018. Disponível em <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/216-ARMAZENAMNTOS-GR%C3%83OS.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

SÓ AUTOMAÇÃO - **AUTOMAÇÃO E SISTEMAS INDUSTRIAIS**. 2023. Disponível em: <<https://www.soautomacao.com.br/sigafran/>>. Acesso em: 13 jan. 2025.

SOUSA, Camila Gonzalez de. **ANÁLISE DINÂMICO MECÂNICA DE UM ELEVADOR DE CANECAS CENTRÍFUGO**. Orientador: Prof. Joyson Luiz Pacheco. 2019. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/211365/001113924.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 set. 2023.

TAKAYAMA, M.A.S. **Análise de falhas aplicada ao planejamento estratégico da manutenção**. Minas Gerais, 2008.

WEBER, E. **A Armazenagem Agrícola**. Guaíba. Ed. Agropecuária 2001.

WEG, Digital Solutions. **Como implementar a Indústria 4.0 no setor de alimentos?** - Blog WEG Digital & Sistemas. 28 set 2023. Disponível em: <<https://www.weg.net/digital/blog/como-implementar-a-industria-4-0-no-setor-de-alimentos/>>. Acesso em: 6 dez. 2024.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – Plano de manutenção das comportas da transportadora Redler

Plano de Manutenção Preventivo			
Equipamento:	Comportas/Gavetas da transportadora Redler		
Periodicidade	Atividade	Descrição	Responsável
Semanal	Inspeção visual	Verificar desgaste, corrosão, acúmulo de resíduos e funcionamento sem ruídos ou esforços.	Técnico de manutenção
	Verificação de fixações	Checar e apertar parafusos e porcas, se necessário.	Técnico de manutenção
	Limpeza superficial	Remover resíduos visíveis na comporta e áreas próximas.	Técnico de manutenção
	Lubrificação	Aplicar lubrificante nas partes móveis, conforme indicado pelo fabricante.	Técnico de manutenção
Mensal	Inspeção do sistema de acionamento	Testar funcionamento do sistema pneumático.	Técnico de manutenção
	Verificação de eixos e rolamentos	Identificar desgastes, folgas ou ruídos; substituir, se necessário.	Técnico de manutenção
	Inspeção estrutural	Verificar alinhamento, deformações e possíveis danos.	Técnico de manutenção

Plano de Manutenção Preventivo			
Equipamento:	Comportas/Gavetas da transportadora Redler		
Periodicidade	Atividade	Descrição	Responsável
Mensal	Limpeza profunda	Remover resíduos visíveis na comporta e efetuar a remoção da graxa antiga.	Técnico de manutenção
	Lubrificação	Aplicar lubrificante nas partes móveis, conforme indicado pelo fabricante.	Técnico de manutenção
Semestral	Limpeza profunda	Desmontar parcialmente a comporta e remover resíduos incrustados.	Equipe de manutenção
	Tratamento anticorrosivo	Aplicar pintura ou revestimento anticorrosivo em áreas expostas.	Equipe de manutenção
	Revisão do sistema elétrico	Testar o funcionamento dos sensores, verificar conectores e demais componentes dos sistemas elétricos.	Equipe de manutenção
	Revisão do sistema pneumático	Verificar conexões, vazamentos e componentes do sistema pneumático.	Equipe de manutenção

Plano de Manutenção Preventivo			
Equipamento:	Comportas/Gavetas da transportadora Redler		
Periodicidade	Atividade	Descrição	Responsável
Anual	Revisão completa	Desmontar a comporta para inspeção detalhada e substituição de peças críticas.	Equipe de manutenção
	Substituição preventiva de componentes	Trocar buchas, vedações, conexões pneumáticas e outras peças com desgaste significativo.	Equipe de manutenção
	Atualização de componentes	Avaliar possibilidade de melhoria nos materiais e sistemas.	Gestor/ Engenheiro de manutenção

Fonte: Autor (2024)