



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS VICTOR RÊGO DE SOUZA

Estruturação e implementação do planejamento e controle de manutenção em uma indústria de ração
animal

Cabo de Santo Agostinho - PE

2024

MATHEUS VICTOR RÊGO DE SOUZA

Estruturação e implementação do planejamento e controle de manutenção em uma indústria de ração animal

Trabalho de conclusão de curso apresentada a Graduação em Engenharia Mecânica da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Planejamento e controle de manutenção.

Orientador: Prof. Me. Alexandre Douglas Araujo de Moura.

Cabo de Santo Agostinho – PE

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S729e

SOUZA, MATHEUS

Estruturação e implementação do planejamento e controle de manutenção em uma indústria de ração animal /
MATHEUS SOUZA. - 2024.
80 f. : il.

Orientador: Alexandre Douglas Araujo de Moura.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Cabo de Santo
Agostinho, 2024.

1. PLANEJAMENTO. 2. CONTROLE. 3. MANUTENÇÃO. 4. MTTR. 5. MTBF. I. Moura, Alexandre Douglas
Araujo de, orient. II. Título

CDD

MATHEUS VICTOR RÊGO DE SOUZA

Estruturação e implementação do planejamento e controle de manutenção em uma indústria de ração animal

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Graduação em Engenharia Mecânica da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: _____

Banca Examinadora

Orientador

Coorientador

Examinador externo

Examinador interno

DEDICATÓRIA

Ao meu Deus
A minha esposa
Aos meus pais
Aos meus irmãos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus por todo caminho percorrido, pelos livramentos, por ter me guiado ao longo dessa graduação, por ter concedido sabedoria e discernimento em todos os momentos.

Agradeço a minha mãe Paula Frassinetti, meu pai Almir Carlos por sua incansável dedicação a nossa família, aos ensinamentos Bíblicos e a educação que me proporcionaram a ser quem hoje sou. Obrigado por toda confiança, orações e por ter acreditado nos meus sonhos, ensinando com paciência e amor. Aos meus irmãos Lucas Raphael e Almir Júnior por ter sido exemplos todos esses anos e ter dado suporte sempre que precisava, aos meus familiares e amigos pelas orações.

Agradeço ao amor da minha vida, minha querida esposa Cryslane Emily, que com muito amor, carinho e oração caminhou comigo todos esses anos, obrigado por ter acreditado em mim todos os dias e ter dado todo o suporte, você foi incrível!

Aos meus amigos da universidade Max Matias e Luanna Moraes que fizeram essa trajetória junto comigo e tornaram os desafios mais leves, obrigado por todo apoio.

Deixo minha gratidão ao meu orientador Alexandre Douglas pela confiança, paciência e por ter acreditado no trabalho desenvolvido.

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente no meu sonho e que torcem pelo meu sucesso, um grande abraço.

Meu muito obrigado!

*“Não abandone a
sabedoria e
entendimento, e ela o
protegerá; ame-a, e ela
cuidará de você.”*

(Provérbios 4.6)

RESUMO

A produção de ração animal é uma atividade intrincada que demanda a implementação de processos eficientes e eficazes. Para atingir esse objetivo, é crucial manter adequadamente os ativos envolvidos, visando aumentar a confiabilidade, disponibilidade e qualidade dos produtos, além de reduzir custos. Nesse contexto, este trabalho se propôs a apresentar a estruturação e implementação do Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) em uma fábrica de ração animal. O processo iniciou-se com um estudo abrangente da planta, seus processos e maquinários. A literatura consultada fornecia informações essenciais que foram aplicadas de maneira consistente e alinhadas com as necessidades e realidade específicas da empresa. Adicionalmente, foram analisados dados referentes aos 14 primeiros meses de funcionamento do planejamento e controle de manutenção. Durante essa análise, foram examinados indicadores cruciais, como o quantitativo de ordens de serviço (corretivas, preventivas, lubrificação), o MTBF (tempo médio entre falhas) e o MTTR (tempo médio para reparo). Essa abordagem permitiu uma compreensão aprofundada da situação atual da planta e de seus ativos, fornecendo insights valiosos para aprimorar continuamente os processos de produção e manutenção.

Palavras-chave: planejamento; controle; manutenção; disponibilidade.

ABSTRACT

The production of animal feed is an intricate activity that demands the implementation of efficient and effective processes. To achieve this objective, it is crucial to properly maintain the assets involved, aiming to increase the reliability, availability and quality of products, in addition to reducing costs. In this context, this work proposed to present the structuring and implementation of Maintenance Planning and Control (PCM) in an animal feed factory. The process began with a comprehensive study of the plant, its processes and machinery. The literature consulted provided essential information that was applied consistently and aligned with the company's specific needs and reality. Additionally, data relating to the first 14 months of maintenance planning and control operation were analyzed. During this analysis, crucial indicators were examined, such as the number of work orders (corrective, preventive, lubrication), MTBF (mean time between failures) and MTTR (mean time to repair). This approach enabled an in-depth understanding of the current status of the plant and its assets, providing valuable insights to continually improve production and maintenance processes.

Keyword: planning; control; maintenance; availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mudança de paradigma na manutenção.	24
Figura 2: Benefícios do PCM.	26
Figura 3: Indicadores de desempenho - Por macro setor.	37
Figura 4: Custo total anual de manutenção.	40
Figura 5: Três principais custos de manutenção.	41
Figura 6: Sistema informatizado de gestão.	43
Figura 7: Etapas da estruturação e implementação do PCM.	45
Figura 8: Fluxo dos processos.	47
Figura 9: Fluxograma setor extrusado.	47
Figura 10: Exemplo da tag no fluxograma.	48
Figura 11: Ficha de cadastro de máquina.	49
Figura 12: Apresentação para treinamento de equipes.	50
Figura 13: Apresentação para treinamento de equipes.	51
Figura 14: Exemplo de ordem de serviço.	73
Figura 15: Plano de calibração.	53
Figura 16: Acompanhamento de indicadores.	54
Figura 17: Percentual de O.S de 2022.	57
Figura 18: Percentual de O.S de 2023.	57
Figura 19: Percentual de O.S por área 2022.	58
Figura 20: Percentual de O.S por área 2023.	58
Figura 21: Tempo médio entre falhas 2022.	59
Figura 22: Tempo médio entre falhas 2023.	60
Figura 23: Tempo médio entre falhas 2022 vs 2023.	61
Figura 24: Tempo médio para reparo 2022.	62
Figura 25: Tempo médio para reparo 2023.	63
Figura 26: Tempo médio para reparo 2022 vs 2023.	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelo de codificação para causa.....	31
Quadro 2: Modelo de codificação para sintoma.....	31
Quadro 3: Modelo de codificação para intervenção.....	32
Quadro 4: Indicadores mais utilizados no Brasil.....	37
Quadro 5: Etapas de estruturação e implementação PCM.....	45
Quadro 6: Detalhamento das etapas de implantação do PCM.....	46
Quadro 7: Identificação por código/tag.....	48
Quadro 8: Máquinas com criticidade alta.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

DO – Disponibilidade Operacional

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)

MTTR – *Mean Time to Repair* (Tempo Médio para Reparo)

OS – Ordem de Serviço

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Definição de manutenção	18
2.2	Histórico da manutenção	18
2.3	Importância da manutenção	20
2.4	Tipos de manutenção	20
2.4.1	Manutenção corretiva	20
2.4.2	Manutenção preventiva	21
2.4.3	Manutenção preditiva	22
2.4.4	Manutenção detectiva	23
2.4.5	Engenharia de manutenção	24
2.5	Planejamento e controle de manutenção (pcm)	24
2.5.1	Estruturação da manutenção	26
2.5.2	Cadastro e hierarquização de ativos	27
2.5.3	Matriz de responsabilidades	28
2.5.4	Ordens de serviços	30
2.5.5	Histórico de manutenção	30
2.5.6	Planos de manutenção	32
2.5.7	Plano de inspeção	33
2.5.8	Plano de lubrificação	34
2.5.9	Monitoramento de parâmetros dos equipamentos	34
2.5.10	Manutenção e substituição de componentes	35
2.5.11	Plano de manutenção preventiva	35

2.5.12	Indicadores de manutenção	36
2.5.13	Disponibilidade operacional	38
2.5.14	Tempo médio entre falhas (mtbf)	39
2.5.15	Tempo médio para reparo (mttr)	39
2.5.16	Backlog	40
2.5.17	Custos manutenção	40
2.5.18	Outros indicadores	42
2.6	Sistemas informatizados para manutenção	42
3	METODOLOGIA	44
3.1	Classificação	44
3.2	Unidade de análise	44
3.3	Caracterização do método	44
3.4	Coleta de dados e cadastro	47
3.5	Padronização de atividades	51
3.6	Programação dos planos de manutenção	53
3.7	Acompanhamento de indicadores	55
4	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	56
4.1	Diagnóstico do setor	56
4.2	Histórico de serviços	57
4.3	Análise de mtbf (tempo médio entre falhas)	60
4.4	Análise de mttr (tempo médio para reparo)	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS E REPARO	70
	APÊNDICE B – TIPO DE MANUTENÇÃO X QUANTIDADE DE O.S	72
	ANEXO A – FLUXOGRAMA ESTRUTURAL NUTRANE	73
	ANEXO B – EXEMPLO DE ORDEM DE SERVIÇO	79

ANEXO C – EJEMPLO DE FICHA CADASTRAL

1 INTRODUÇÃO

A produção de ração animal é uma atividade crítica e complexa que requer processos eficientes e eficazes. A manutenção adequada dos equipamentos e maquinários é crucial para garantir a produção contínua de ração de alta qualidade e evitar paralisações não programadas que podem causar perdas significativas de produção e receita. De acordo com Kardec e Nascif (2009, p.11), “[...] a atividade de manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas, principalmente, é preciso manter a função do equipamento disponível para a operação, evitar a falha do equipamento e reduzir os riscos de uma parada de produção não planejada.”

Os equipamentos e maquinários utilizados na fabricação de ração animal estão sujeitos a desgaste e falhas decorrentes do uso contínuo e da exposição a condições adversas de trabalho, como altas temperaturas, umidade e poeira. A falta de manutenção adequada pode levar a paralisações não programadas, que afetam a produtividade da fábrica e geram custos adicionais. Além disso, a falta de manutenção pode comprometer a qualidade do produto final, colocando em risco a saúde e o bem-estar dos animais que serão alimentados com a ração produzida. Isso pode ter consequências graves para a saúde pública, já que a alimentação inadequada dos animais pode afetar a qualidade dos produtos de origem animal, como a carne, o leite e os ovos.

Nesse contexto, Viana (2002) destaca que o planejamento e controle de manutenção tem impacto direto na saúde financeira, na competitividade e qualidade dos produtos da empresa. Sobretudo, identificando qual tipo de manutenção é o mais adequado para a empresa, a fim de garantir confiabilidade, disponibilidade e otimização dos processos. Com base nesse conceito, o estudo foi realizado na fábrica Nutrane Nutrição Animal em Carpina/PE. A fábrica na qual o projeto de manutenção foi aplicado, trabalha no ramo alimentício, no setor de rações para bovinos, equinos, ovinos, caprinos, suínos, aves, cães, gatos, peixes e camarões, conta com aproximadamente 130 funcionários e com capacidade instalada de 180 toneladas/dia.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Organizar, estruturar e implementar o PCM (planejamento e controle de manutenção) na fábrica da Nutrane Nutrição Animal - Carpina/PE, traçando estratégias para garantir a disponibilidade e confiabilidade dos ativos fazendo com que máquinas, equipamentos e processos de produção sejam cada vez mais produtivos e lucrativos.

1.1.2 Objetivos específicos

Desenvolver e estabelecer métodos que organize e gerencie os seguintes itens:

Estruturação do PCM

- Tagueamento
- Cadastrar todos os equipamentos
- Matriz de responsabilidades
- Treinar os responsáveis

Implementação

- Levantamento de criticidade de equipamentos;
- Coleta de dados – Mecânicos e Elétricos;
- Plano de manutenção (Preventiva, Inspeção, Lubrificação);
- Abrir e fechar ordens de serviços: programadas e emergenciais;
- Tratamento de dados: gráficos de indicadores, apropriação de horas, MTBF e MTTR;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os principais conceitos relacionados a manutenção, e também apresentar a função, importância e finalidade do PCM (Planejamento e Controle de Manutenção).

2.1 Definição de manutenção

De acordo com Almeida (2014), manutenção é “o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas.”. Para Xenos (1998, p.18) “as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso”.

Para Lucato (2017, p.11), “manutenção: garantir a disponibilidade é a função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade”.

Segundo a NBR 5462/1994 a manutenção é “capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos”.

2.2 Histórico da manutenção

A manutenção está presente desde os primórdios da civilização, estando intrínseca nas atividades humanas e na conservação de utensílios e ferramentas de trabalho. Nos sistemas produtivos, observamos a preocupação em manter e garantir as atividades de manufatura a partir do século XVI com o surgimento de teares mecânicos, alcançando proporções ainda maiores no final do século XVIII durante Revolução Industrial. Este período foi impulsionado pelas mudanças tecnológicas cada vez mais impactantes e rápidas. (Viana, 2002).

O desenvolvimento da manutenção tem forte influência com o crescimento da indústria. Soeiro (2017) expõe que com a utilização de equipamentos de última geração, com os sistemas mecânicos e eletromecânicos mais modernos e maior grau de complexidade, exigem um nível de manutenção alto para evitar os altos custos relacionados a parada de operação. Além disso, a maior complexidade do maquinário e diversidade dos ativos fazem da manutenção uma função de modo igual complexa, conduzindo ao desenvolvimento de novas ferramentas, técnicas e abordagens de gestão estratégica da manutenção.

Na história da manutenção, observamos momentos marcantes e de grande relevância. Soeiro (2017) segrega esses fatos históricos em 3 períodos ao longo do século XX. Na primeira geração da manutenção industrial (1940-1950), as empresas desfrutavam de estabilidade e previsibilidade nos negócios, com ativos financeiros predominantes. A competição não exigia constante diversificação de produtos, e grandes estoques não eram onerosos. Nesse contexto, as indústrias eram pouco mecanizadas, com equipamentos de baixa tecnologia. A informação era centralizada, os equipamentos eram lentos e superdimensionados, e a manutenção era predominantemente corretiva, envolvendo apenas serviços básicos. A habilidade do mantenedor era executar tarefas específicas sem a necessidade de uma abordagem sistematizada.

A segunda geração da manutenção industrial (1950-1970) surgiu em um período de grandes mudanças pós-guerra, caracterizado pelo aumento da demanda por mercadorias e pela redução do contingente operacional. Isso levou a um significativo aumento na mecanização e complexidade das plantas industriais. A necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade para impulsionar a produtividade tornou-se evidente. A dependência do funcionamento eficiente das máquinas levou ao conceito de manutenção preventiva, visando evitar falhas e minimizar o tempo de inatividade das máquinas.

A terceira geração da manutenção, a partir da década de 1970, foi impulsionada pelo aumento nas paralisações frequentes da produção, que impactavam negativamente o rendimento operacional, aumentavam os custos e afetavam a qualidade dos produtos. A indústria, inspirada pelo sistema japonês *Just in Time*, buscou evitar interrupções na produção. Isso resultou em uma ênfase significativa na confiabilidade, levando ao desenvolvimento de ferramentas de análise e combate às falhas. A manutenção preventiva foi fortalecida, a informática possibilitou um melhor controle no planejamento da manutenção, e surgiu o conceito de confiabilidade na engenharia de manutenção. Nesta geração, a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade tornaram-se medidas fundamentais de desempenho da manutenção.

2.3 Importância da manutenção

A manutenção está diretamente ligada ao sucesso de uma empresa, e nas últimas décadas, empresas e organizações observaram que a manutenção se tornou uma oportunidade de investimento, sendo fundamental para o processo produtivo trazendo qualidade, confiabilidade, disponibilidade. Atualmente, com a implementação de novos conceitos e

mudanças de cultura, dentro da organização, a manutenção passa a exercer função estratégica de fomentar resultados favoráveis, como redução de custos.

Uma manutenção estruturada é considerada fator determinante para aumento de produtividade e alta qualidade dos produtos de uma empresa, capaz de proporcionar vantagens em relação a concorrência. Moro (2007) evidencia que estabelecer um programa de manutenção eficaz, diminui prejuízos inevitáveis com a parada de equipamentos e produção além de garantir o correto funcionamento das máquinas. Viana (2002, p.5) afirma que “[...] a manutenção não pode se limitar a apenas corrigir problemas cotidianos, mas deve perseguir sempre a melhoria constante, tendo como norte o aproveitamento máximo dos instrumentos de produção, aliado ao zero defeito”.

2.4 Tipos de manutenção

Existem diferentes tipos de manutenção que podem ser aplicados em uma organização, cada um com suas características e objetivos específicos. Os principais tipos de manutenção pela NBR5462/1994 e pela maioria dos autores são:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Controlada/Preditiva;
- Manutenção Detectiva;
- Engenharia de Manutenção.

2.4.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva segundo a NBR 5462/1994 é “efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições executar uma função requerida”. Viana (2002) afirma, “a manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente [...]”. Sob essa ótica, Kardec e Nascif (2009) subdividem em duas categorias manutenção corretiva:

- **Manutenção Corretiva Não Planejada:** correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado, sempre realizada após o fato ocorrido, o que implica em alto custo

(perda de produção), baixa confiabilidade (diminuição da qualidade do produto) e danos maiores aos equipamentos devido a parada abrupta;

- **Manutenção Corretiva Planejada:** realizada de forma ordenada e planejada na correção do baixo desempenho ou falha, normalmente a decisão gerencial pode optar por seguir até a falha do equipamento ou atua de forma preditiva;

Essa classe de manutenção não exige um planejamento por ser mais simples, porém como consequência os custos são muito elevados, esse tipo de manutenção é mais utilizado em equipamentos de baixa criticidade, pois não comprometem a operação em caso de falha.

2.4.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva tem como objetivo diminuir paradas indesejadas na indústria, por meio de ações programadas e planejadas (lubrificação, limpezas, verificação e substituição de peças), ou seja, é uma manutenção que precede a pane, quebra ou falha do equipamento. A manutenção preventiva segundo a NBR 5462/1994 é “efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Viana (2002) classifica a manutenção de preventiva como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou seja em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

Esse tipo de manutenção promove a previsibilidade, pois, para um bom planejamento, se faz necessário o conhecimento de informações do equipamento suas peças, acessórios, criticidade, influência na produção e, principalmente, o histórico, de manutenção, com o histórico, é possível ter um banco de dados com informações cruciais que auxiliam determinar prazos para substituição de componentes da máquina.

Na visão de Paula (2006) a manutenção preventiva pode ser dividida em dois tipos:

- **Programada:** são os serviços de manutenção planejados em intervalos de tempo pré-determinados, dias, semanas, meses, anos, horas ou ciclos operacionais. Exige na grande maioria o equipamento parado ao que dever ser alinhado com a produção;
- **Inspeção:** são manutenções realizadas em intervalos menores e planejados, em geral de curta duração, não exige parada de máquina e tem como base os sentidos do manutentor e também um checklist, muito conhecida como inspeção de rota;

2.4.3 Manutenção preditiva

Segundo a NBR5462/1994 a manutenção preventiva “permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir o mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

A manutenção preditiva tem como objetivo prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas por meio do acompanhamento de diversos parâmetros, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Este modelo prioriza a disponibilidade ao evitar intervenções nos equipamentos durante as medições e verificações, realizadas enquanto o equipamento está em operação. Ao mapear informações com maior precisão para execução de manutenção preventiva, ele pode reduzir a indisponibilidade e os custos associados à manutenção (Kardec e Nascif, 2009).

Segundo Almeida (2000, p. 4), “a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção.”

Atualmente, encontramos várias técnicas de monitoramento para acompanhar os parâmetros estabelecidos ou alteração no desempenho das máquinas. (Viana, 2002, p.12) cita quatro técnicas aplicadas a manutenção preditiva, ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia.

O ensaio não destrutivo por ultrassom é uma técnica eficaz para identificar discontinuidades internas nas peças, usando a reflexão de ondas ultrassônicas. Semelhante à reverberação do som em um ambiente, essas ondas são refletidas ao encontrar superfícies internas do material. Essa abordagem é crucial para avaliar a densidade e a qualidade de peças espessas ou de geometria complexa, proporcionalmente.

A análise de vibração é um método essencial para medir e avaliar as vibrações em máquinas, causadas pelos movimentos de seus componentes internos. Utilizando ferramentas como acelerômetros, que captam a intensidade e a frequência das vibrações, é possível obter um diagnóstico detalhado do estado e do desempenho dos equipamentos. Através da análise dessas vibrações, é possível identificar problemas como desbalanceamento, desalinhamento, folgas excessivas ou falhas nos rolamentos. Essa abordagem permite monitorar a saúde dos equipamentos em tempo real, prevendo possíveis falhas antes que se tornem críticas e melhorem

o desempenho operacional. Com base nos dados coletados, é possível realizar manutenções preditivas e evitar paradas.

A análise de óleo lubrificante é essencial na manutenção preditiva de máquinas industriais, monitorando a condição do óleo e do equipamento. Lubrificantes reduzem atrito, dissipam calor e protegem contra corrosão. No entanto, podem degradar ou contaminar-se, perdendo suas propriedades. A análise identifica contaminação, degradação e desgaste dos componentes, permitindo a detecção precoce de problemas. Testes regulares de qualidade do óleo são cruciais para monitorar o desgaste, garantir a eficácia da lubrificação e planejar a manutenção preventiva. Isso reduz custos e tempo de inatividade, prevenindo falhas inesperadas e contribuindo para a eficiência e segurança das operações industriais.

A termografia é uma técnica não invasiva que utiliza câmeras termográficas para medir e registrar a temperatura de objetos, sistemas ou ambientes. Essas câmeras capturam a radiação infravermelha emitida pelos corpos, que é invisível ao olho humano, e a transformam em uma imagem térmica. Na imagem térmica, as variações de temperatura são representadas por diferentes cores, permitindo uma visualização clara das áreas com diferentes temperaturas. Essa técnica é amplamente utilizada em diversas indústrias para detectar problemas como superaquecimento, isolamento deficiente e falhas mecânicas, entre outros.

2.4.4 Manutenção detectiva

Segundo Kardec e Nascif (2009), manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

A manutenção detectiva, originada do termo em inglês "Detective Maintenance", atua em sistemas de proteção com o principal objetivo de auxiliar no diagnóstico ao identificar falhas ocultas ou não perceptíveis pela equipe de operação e manutenção. Sua principal vantagem é a capacidade de detectar pequenas falhas antes que se tornem problemas graves, prevenindo assim interrupções significativas e danos à produção.

Para alcançar esses objetivos, a manutenção detectiva utiliza uma série de testes conhecidos como Testes de Detecção de Falhas (TDF). Quando essas falhas são identificadas, a equipe de manutenção pode se preparar para realizar intervenções antes que os problemas se agravem, permitindo a implementação de manutenções planejadas. Entre as técnicas utilizadas, a limpeza do maquinário continua sendo uma ferramenta eficaz na detecção de problemas. O acúmulo de óleo, graxa, aparas de metal e outros detritos frequentemente indica sinais precoces

de falhas. Além disso, durante a limpeza, é possível identificar facilmente componentes soltos, como porcas, parafusos, fiação, conectores, interruptores e sensores de proximidade, que podem ser sinais de alerta para problemas futuros.

2.4.5 Engenharia de manutenção

A engenharia de manutenção é considerada uma grande mudança cultural numa empresa, ela é o suporte técnico da manutenção e está dedicada consolidação da rotina e implantação de melhoria através de técnicas modernas de manutenção ou seja perseguir benchmarks visando aumentar confiabilidade, disponibilidade, segurança de equipamentos e consequentemente, eliminar problemas crônicos, melhorar a gestão de mão de obra ,gerir melhor materiais e peças sobressalentes , acompanhar indicadores e documentação técnica.(Kardec e Nascif, 2009).

No gráfico (**Figura 1**) observa-se 3 categorias os resultados, custos e tipo de manutenção, onde a manutenção corretiva apresenta alto custo e menores resultados em termos de disponibilidade, confiabilidade, segurança e meio ambiente. Em contra partida a engenharia de manutenção possui melhores resultados possíveis e com menores custos. A manutenção preventiva e preditiva tem melhorias significativas e com redução de custos proporcional, ou seja, investir em tipo de manutenção mais avançados e planejados aumento a eficiência e a segurança dos ativos, implicando em menores custos de manutenção.

Figura 1: Mudança de paradigma na manutenção.



Fonte: Nascif, 2009

2.5 Planejamento e controle de manutenção (pcm)

Branco Filho (2008), define o PCM como um “conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores

preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para consecução dos objetivos e da missão da empresa”.

Dutra (2019) afirma que, dados como custos, tempo de manutenção, estado de conservação de equipamentos, disponibilidade, tempo médio entre falhas são administrados pelo PCM. Portanto, consiste de um conjunto de atividades da manutenção relacionadas ao planejamento, programação, coordenação e controle de serviços, garantindo confiabilidade e disponibilidade dos ativos.

Segundo a NBR 5462/1994, a confiabilidade é “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”.

A NBR 5462/1994 afirma que a disponibilidade é “a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados”.

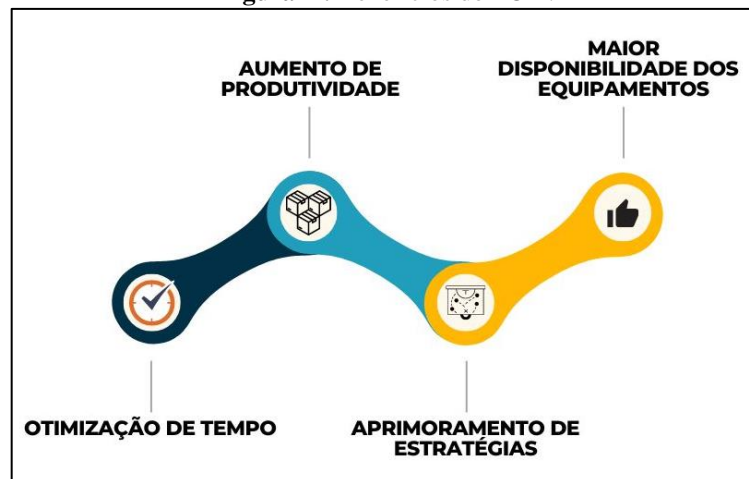
Conforme Branco Filho (2008 *apud* Souza, 2003), o PCM em uma empresa torna efetivo e completo o ciclo de gestão da manutenção, executando algumas atividades, citadas a seguir:

- Indicar e acompanhar os índices de desempenho, atualizar quando necessário a documentação técnica dos equipamentos e formar a relação de peças sobressalentes;
- Examinar e atualizar os planos de manutenção continuamente;
- Revisar e apurar o cadastro das ordens de serviço provenientes dos planos de manutenção e suas periodicidades, adequando sempre que necessário.
- Garantir que o sistema siga em regime de normalidade operacional, a fim de preparar e conscientizar os colaboradores envolvidos com as atividades de manutenção, para apontamentos e registros das tarefas executadas, incluindo também, o registro das horas de equipamentos e máquinas paradas e causas das avarias;
- Examinar os planos de manutenções sistemáticas e não sistemáticas provenientes de inspeções de rota ou checklist, com todas as informações necessárias para as áreas solicitantes da organização;
- Zelar pela organização do almoxarifado, bem como preparar os materiais sobressalentes e o ferramental necessário à execução dos serviços planejados;
- Realizar análise criteriosa dos serviços planejados, das programações e backlog;

- Obter a equalização da mão-de-obra e estabelecer novas periodicidades para os serviços, em função das verificações e análises de causas e desvios de planejamento;
- Criar e organizar um histórico técnico estruturado dos equipamentos, máquinas e instalações, com registros de ocorrências planejadas e imprevistas;
- Proporcionar a orientação dos gerentes e chefes para obtenção de melhores resultados correlacionados à disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos, máquinas e das equipes de manutenção;
- Realizar reuniões periódicas de conscientização com a participação de todos os colaboradores para a organização da manutenção e o total comprometimento com os resultados, incluindo todos os níveis: estratégicos, gerencial, tático e operacional.

Em geral empresas que conseguem implementar o planejamento e programação de manutenção conseguem resultados mais rápidos e tornam-se mais competitivos no mercado. O diagrama a seguir resume em quatro benefícios as ações do PCM em uma manutenção eficiente. Portanto a otimização de tempo leva ao aumento de produtividade, com a produtividade aumentada, há espaço para o aprimoramento das estratégias, o que, por sua vez, resulta em uma maior disponibilidade dos equipamentos. Essa cadeia de benefícios reflete como uma abordagem eficiente de manutenção pode melhorar significativamente o desempenho operacional de uma empresa.

Figura 2 : Benefícios do PCM.



Fonte: O Autor, 2024.

2.5.1 Estruturação da manutenção

A organização do setor manutenção é essencial para o controle eficaz das atividades realizadas pelo setor. É necessário elaborar a árvore estrutural, a matriz de criticidade e a

codificação das áreas e maquinário para obter dados precisos e otimizar o sistema informatizado da planta. Além disso, é crucial mapear e cadastrar as máquinas, reunindo o máximo de informações para o PCM.

A estruturação da manutenção é a base da função PCM, pois, é fundamentada em informações seguras e eficazes. Além disso, é necessário agir com a contribuição da equipe, ou seja, com a aceitação das novas propostas de mudança, assim contribuindo para um setor completo com planejamento, controle e organização eficazes. Viana (2002), afirma que a função de manutenção é considerada tão importante quanto a operação em termos de gestão e liderança. Isso implica que a manutenção é gerenciada com o mesmo nível de atenção e recursos que a operação das atividades principais da empresa. Além disso, o PCM é descrito como uma entidade que apoia a função de manutenção, fornecendo o planejamento, coordenação e controle necessários para garantir que a manutenção seja realizada de forma eficiente e eficaz.

2.5.2 Cadastro e hierarquização de ativos

Para começar a evidenciar as informações necessárias para estruturação do planejamento e controle de manutenção, se faz necessário conhecer o ambiente de operação. Dutra (2019), afirma que “não ter uma estrutura de cadastros bem fundamentada, basicamente, é não ter o conhecimento do que consome os recursos da manutenção e daquilo que oferece riscos à operação”.

Segundo Dutra (2019), a estrutura de cadastros é composta por:

- Fluxograma Estrutural;
- Matriz de Criticidade;
- Tagueamento;
- Ficha Técnica.

A representação hierárquica dos ativos é conhecida como fluxograma estrutural, o mesmo destaca a interdependência entre eles, ou seja, desde um galpão de matéria prima até uma simples ensacadeira, ambos devem estar cadastrados e evidenciada sua interdependência.

A matriz de Criticidade mostra de forma lógica e objetiva quais são os equipamentos mais críticos, ou seja, quais deles tem poder de parada de operação, perda de vendas, atrasos nas entregas aos clientes e danos ambientais.

Segundo Herpich e Fogliatto (2013) “a classificação de criticidade possibilita abordagens e ações para cada uma das dimensões associadas à estratégia de manutenção. Assim, para cada classe de criticidade é determinado o tipo de manutenção, manutenção

preditiva, preventiva e inspeções ou corretiva (planejadas ou não), além da definição do método de abordagem adequado, que pode ser baseado em monitoramento, tempo determinado, condições pré-definidas, inspeções ou quebra”.

O tagueamento é o processo de identificação e marcação de equipamentos e máquinas em um ambiente empresarial ou industrial com etiquetas que contêm informações específicas. Quando o PCM possui um tagueamento estruturado, o planejamento da manutenção é mais rápido e racional, isso porque a tag nos passa informações estratificadas, como a localização, qual especialidade do equipamento, históricos, número de quebras, custos, disponibilidade, ou seja, possibilita a gestão eficiente de ativos com informações atualizadas e acessíveis.

Além das tags, o PCM deve possuir a ficha técnica dos equipamentos, que é um documento com as principais informações essenciais para desenvolvimento dos planos de manutenção além de sanar dúvidas durante as manutenções (Dutra, 2019).

Uma ficha técnica deve incluir a descrição do equipamento, o tag de identificação, a localização, uma foto do equipamento, o desenho técnico, as principais peças de reposição, informações das plaquetas de identificação e fluxogramas de instalação. Essas informações proporcionam um melhor controle e monitoramento das máquinas, melhorando a operação, reduzindo custos e imprevistos.

Ao estruturarmos a manutenção com base nesse levantamento de informações, observa-se a importância da organização do setor, o que pode gerar inicialmente estranheza nas equipes devido às novas abordagens. No entanto, esse processo trás confiabilidade, disponibilidade e qualidade nos serviços e produtos, resultando em uma operação eficiente e integrada.

2.5.3 Matriz de responsabilidades

Segundo Berndsen (2013) “a matriz de responsabilidade apresenta a divisão do trabalho e das responsabilidades inerentes às atividades de manutenção. Sem esta matriz o fluxo do trabalho fica confuso, pois cada funcionário não saberia exatamente quais são suas atribuições e em que sequência”.

Dutra (2019) afirma que, “Cada empresa trata a sua estrutura hierárquica da forma que lhe é mais conveniente. Não existe um padrão hierárquico”.

Kardec e Nascif (2009) descreve, a subordinação da manutenção nas empresas varia de acordo com, tamanho da empresa, sua política organizacional e o impacto das atividades de manutenção nos resultados.

Podemos distribuir a matriz de responsabilidade para manutenção da seguinte forma:

- Gerência de Manutenção é responsável pelas tomadas de decisões orientadas para alcançar as metas, investimentos da manutenção, controle de custos, administração além de conhecer todo o processo e equipamentos.
- Coordenação de Manutenção é responsável pela busca de melhorias de performance da produção e manutenção, apoio técnico esclarecendo dúvidas e traçando diretrizes, ajustando procedimentos, além de promover qualificação profissional da manutenção com intuito de aumentar qualidade, reduzir custos.
- Supervisão de manutenção, profissional responsável pela orientação da equipe de executantes em particular os técnicos da manutenção, ou seja, suas atribuições são diversificadas desde questões técnicas, burocráticas, controle de custo e hora extras de subordinados e gestão entre pessoas, processos e ativos.
- Supervisão de PCM, responsável pelo planejamento e controle da manutenção, ou seja, gerenciamento dos planos de manutenção, tratamento de dados, coordenação de materiais para manutenção, programação de serviços e paradas e gerenciamento dos indicadores de manutenção.
- Os técnicos de manutenção podem ser divididos em dois grupos principais: os operadores, que realizam as tarefas básicas de manutenção, como reaperto, lubrificação, limpeza, inspeção e encaminhamento de ordens de serviço, e os técnicos especializados em áreas mecânicas (caldeireiros, soldadores, mecânicos, montadores, auxiliares) e elétricas (eletricistas, rebobinadores, eletrotécnicos), que são responsáveis por detectar falhas, prevenir deteriorações, inspecionar, identificar anomalias e reparar corretamente os equipamentos.

2.5.4 Ordens de serviços

Uma ordem de serviço é um documento formal que descreve o trabalho a ser realizado num equipamento ou máquina, ou seja, auxilia o PCM no acompanhamento das manutenções, fornecendo dados e histórico para melhorar o planejamento e desenvolvimento de todos os setores da fábrica.

Segundo Viana (2002), “a ordem de manutenção é a instrução escrita, enviada via documento eletrônico ou em papel, que define um trabalho a ser executado pela manutenção. Em outras palavras, consiste na autorização de trabalhado de manutenção a ser executado”.

As ordens de serviço podem ser classificadas em quatro estados: “não iniciada” indica que a ordem está aberta, mas aguardando execução, “programada” significa que a ordem tem uma data definida para execução, com informações sobre a preparação do serviço, materiais e equipe, “iniciada” refere-se a uma ordem que foi programada pelo menos uma vez, mas possui pendências para finalização, e “cancelada” é quando a execução da ordem é interrompida devido a impedimentos externos, necessitando resolução antes de prosseguir.

O formato da ordem de serviço varia de acordo com o software utilizado, porém o formato básico é composto por cabeçalho, descrição da tarefa, número da OS, tag do equipamento, centro de custo, tipo de manutenção, equipe responsável e data da manutenção (ANEXO B). É crucial o preenchimento completo e adequado das ordens de serviço pelos mantenedores como causa, sintomas, qual intervenção foi aplicada, peças utilizadas, horas trabalhadas.

Portanto, a importância do apontamento correto dos dados na OS é crucial para o planejamento da manutenção, pois esses dados são a base dos índices que informam a tomada de decisão gerencial, permitindo uma gestão mais eficaz e precisa dos recursos.

2.5.5 Histórico de manutenção

Viana (2002), considera importante a elaboração de um banco de dados organizado com o objetivo de melhorar a gestão dos processos produtivos e acompanhar toda a trajetória de um equipamento. Além disso, essas informações são úteis para análises com exatidão, auxiliando projetos, possíveis trocas de fornecedores, melhoria da manutenibilidade, baseado em fatos mensuráveis.

Se a empresa tiver um banco de dados estruturado que permita a pesquisa por: data, tag, equipamento, elemento, causa, sintoma, intervenção, etc, será possível acompanhar todo o histórico de uma máquina e com essas informações tomar decisões embasadas em dados confiáveis.

Visando a sistematização eficiente da estruturação dos bancos de dados associados às Ordens de Serviço (O.S), foram incorporados à mencionada estrutura três campos distintos, a saber: causa, sintoma e intervenção. Nesse contexto, ao concluir-se uma O.S (ordens de serviço), as informações relativas à causa (motivo da intervenção), sintoma (efeito resultante no maquinário) e intervenção (solução aplicada) serão comunicadas de forma automática. Esta abordagem visa promover a organização sistemática e eficaz dos dados associados às

intervenções de manutenção, contribuindo para a otimização dos processos de gerenciamento de informações na área de manutenção (Viana, 2002).

Nesse contexto, torna-se imperativo que os profissionais responsáveis pela manutenção estejam de posse de uma lista que contenha os códigos correspondentes e as descrições de cada termo. Essa relação é essencial para que possam registrar, em cada Ordem de Serviço (O.S.), os serviços executados. Tais informações, ao serem incorporadas, servirão como critérios para filtragem durante pesquisas, viabilizando a criação e manutenção de um histórico completo dos serviços realizados. A transposição destes dados para o sistema, garantirá ao Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) um banco de dados permanentemente acessível, permitindo consultas sempre que necessário.

Viana (2002) propõe uma estratégia de padronização para os campos Sintoma, Causa e Intervenção. Com o intuito de ilustrar, serão expostos três quadros concisos, cada um contendo códigos pertinentes às categorias de Causa, Sintoma e Intervenção, proporcionando uma representação visual da proposta de sistematização apresentada pelo autor.

Quadro 1: Modelo de codificação para causa.

CAUSA	
DEF	DEFEITO DE FÁBRICA
DES	DESNIVELAMENTO
FAD	FADIGA
FIS	FISSURA
NID	NÃO IDENTIFICADA
STE	SOBRECARGA DE TENSÃO

Fonte: Viana, 2002.

Quadro 2: Modelo de codificação para sintoma.

SINTOMA	
EMP	EMPENADO
BXR	BAIXO RENDIMENTO
DAR	DESARMADO
RAN	RUÍDO ANORMAL
TRV	TRAVADO
VIB	VIBRANDO

Fonte: Viana, 2002.

Quadro 3: Modelo de codificação para intervenção.

INTERVENÇÃO	
ACO	ACOPLADO
AJU	AJUSTADO
ALI	ALINHADO
LIM	LIMPEZA
LUB	LUBRIFICAÇÃO
MOD	MODIFICADO

Fonte: Viana, 2002.

É relevante observar que para cada elemento (causa, sintoma, intervenção), há uma variedade de possibilidades, resultando em uma extensa lista de códigos potenciais. A padronização do sistema de controle é, portanto, uma responsabilidade individual de cada empresa, permitindo uma adaptação específica às suas necessidades e contextos operacionais. Vale ressaltar que em organizações que contam com um software de gestão especializado, na qual o sistema frequentemente dispõe de um conjunto de códigos predefinidos, cabendo à empresa a utilização eficaz dessas ferramentas para otimizar seus processos de controle e gestão.

2.5.6 Planos de manutenção

Os planos de Manutenção constituem um compêndio de informações essenciais destinadas a orientar de maneira precisa a execução da atividade de manutenção preventiva. Na prática, esses planos representam a explicitação minuciosa da estratégia de manutenção adotada por uma empresa. A disposição temporal e espacial desses planos, aliada à qualidade das instruções neles contidas, exerce influência direta sobre a abordagem adotada pelo organismo responsável pela manutenção em relação às suas ações preventivas. (Viana,2002)

Segundo Dutra (2019), o planejamento não é um evento pontual, mas sim uma prática habitual e uma rotina estabelecida. O planejamento da Manutenção compreende uma sucessão de atividades que culminam na elaboração de um plano mestre de manutenção. A implementação desse plano visa preservar a funcionalidade de cada sistema crucial para o processo produtivo.

Soeiro (2017), afirma que o plano de manutenção é resultante da combinação de duas ações fundamentais: a etapa de planejamento, que consiste em definir o que, como e em qual intervalo de tempo a atividade deve ser executada, bem como a fase de programação, que

estabelece quem será responsável, como será realizada e quando ocorrerá a execução da atividade.

Para garantir a eficácia na detecção de falhas e efeitos, é essencial adotar medidas preventivas, planejar adequadamente os recursos e insumos, e organizar as paradas de manutenção de forma estratégica. Os planos podem ser estruturados em categorias distintas, como: plano de inspeção, plano de lubrificação, monitoramento de parâmetros dos equipamentos, manutenção e substituição de componentes e plano de manutenção preventiva. Esses planos serão abordados a seguir com mais detalhes.

2.5.7 Plano de inspeção

Viana (2002) afirma, que a primeira categoria de Planos de Manutenção, embora considerada a mais fundamental, não negligencia sua relevância: trata-se das inspeções visuais rotineiras dos equipamentos. Por meio desse tipo de exame simples, é possível identificar, por meio dos cinco sentidos do mantenedor, falhas em equipamentos que, dada a sua gravidade atual, podem ser resolvidas de maneira acessível.

Os planos de inspeção delineiam itinerários guiados por linhas de processo, agrupando equipamentos com base em similaridade, tempo de operação e criticidade. Esses planos incluem diversas modalidades de inspeção, como visual, auditiva, limpeza, monitoramento de temperatura, avaliação de corrente elétrica, detecção de vazamentos e identificação de ruídos atípicos. As inspeções visuais se destacam pela simplicidade de execução, dispensando instrumentação específica, proporcionando respostas rápidas, prevenindo o agravamento de ocorrências, sendo passíveis de treinamento simplificado e valorizando a experiência do profissional de inspeção ou operador. (Soeiro, 2017).

Viana (2002), acrescenta a importância da rota de inspeção, por se tratar de uma estratégia que envolve o mapeamento sistemático dos equipamentos em uma determinada seção, organizando-os conforme a sua natureza, seja ela elétrica ou mecânica. Esses equipamentos são distribuídos de maneira a assegurar a realização de inspeções abrangentes por toda a área, sem exceder um tempo máximo de percurso de uma hora e meia. Durante essa rota, são verificados aspectos relevantes do maquinário, fazendo uso dos cinco sentidos do operador como ferramenta fundamental para a detecção de quaisquer irregularidades ou sinais de desgaste nos equipamentos.

2.5.8 Plano de lubrificação

A prática de lubrificação desempenha um papel crucial na diminuição do atrito e deve operar em condições de temperatura estáveis. Essa abordagem visa a minimização do consumo de energia empregada na movimentação relativa entre componentes mecânicos, enquanto simultaneamente preserva a rugosidade e a qualidade superficial desses elementos, protegendo-os contra o desgaste. (Soeiro, 2017).

Viana (2002), afirma que na elaboração de nosso roteiro, o primeiro procedimento consiste em discernir os locais específicos nos quais será aplicado óleo lubrificante em contraste com os locais que requerem a aplicação de graxa lubrificante. Tal distinção é fundamental, pois existem notáveis diferenças entre esses dois processos, iniciando-se pela composição intrínseca de ambos.

O componente predominante entre os lubrificantes empregados na indústria é representado pelos óleos lubrificantes e graxas, os quais possuem características e aplicações específicas. Os elementos sujeitos à lubrificação mais frequentes incluem engrenagens, mancais, atuadores e guias de deslizamento, sejam elas planas ou prismáticas. Cada um desses elementos apresenta características distintas que demandam considerações específicas no que tange ao plano de lubrificação a ser adotado.

O plano de lubrificação, em conjunto com a identificação dos equipamentos, deve incluir informações cruciais como o ponto específico de lubrificação, especificação do lubrificante, volume a ser aplicado, frequência, e método de aplicação (óleo ou graxa). Adicionalmente, o plano deve esclarecer se a atividade implica verificação do nível, reposição ou substituição completa do lubrificante. Para otimizar a eficácia, o roteiro de lubrificação deve ser organizado com base na similaridade entre equipamentos, considerando tipo, método e frequência de lubrificação, visando reduzir falhas e garantir a disponibilidade contínua dos equipamentos. (Soeiro, 2017).

2.5.9 Monitoramento de parâmetros dos equipamentos

A finalidade deste plano reside em monitorar sistematicamente as características dos equipamentos, permitindo a detecção precoce de seus "sintomas" e, conseqüentemente, a antecipação de falhas iminentes. Essa abordagem se insere no âmbito do que é reconhecido como manutenção preditiva, que se destaca por sua capacidade de prever e intervir proativamente com base em indicadores observáveis, maximizando a eficiência e minimizando as interrupções não planejadas (Butarelli, 2011).

O plano propõe a adoção da manutenção preditiva, que consiste no monitoramento contínuo das características dos equipamentos para antecipar falhas. Quatro técnicas preditivas comuns são ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia. Embora eficaz, a implementação demanda uma infraestrutura significativa, tornando-se desafiadora para muitas empresas devido ao alto investimento necessário em dispositivos e laboratório. O plano segue uma estrutura padrão, adaptando-se aos procedimentos específicos de cada técnica preditiva conforme a necessidade de cada equipamento (Viana, 2002).

2.5.10 Manutenção e substituição de componentes

Viana (2002) certifica, que a depreciação é uma realidade inescapável que afeta todos os elementos, inclusive o corpo humano, seguindo o fenômeno inerente a todas as coisas no universo. No contexto industrial, é afirmado que todos os equipamentos e componentes sofrem depreciação ao longo do tempo. Tanto é assim que o termo "vida útil" é comumente empregado na esfera fabril para indicar a duração estimada durante a qual podemos contar com o desempenho adequado de um componente específico.

A função do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) reside na obtenção de informações referentes aos itens que necessitam de troca periódica, estabelecendo a periodicidade com base na vida útil de cada componente. A partir desses dados, o PCM elabora os planos de manutenção específicos para cada equipamento, garantindo uma abordagem sistemática e proativa na gestão dos ativos, com o objetivo de otimizar a confiabilidade operacional e maximizar a eficiência dos processos de manutenção. (Butarelli, 2011).

O maior desafio é estabelecer a vida útil de componentes sujeitos a desgaste, definindo uma periodicidade que evite substituições prematuras, reduzindo desperdícios, enquanto mitigando o risco de falhas por ruptura. Esse processo requer uma análise cuidadosa para determinar o intervalo ideal de substituição, equilibrando a maximização do ciclo de vida dos componentes com a minimização do risco de falhas imprevistas.

2.5.11 Plano de manutenção preventiva

Viana (2002) declara, que o plano de manutenção preventiva se constitui de um conjunto de atividades, ou tarefas, realizadas de forma regular, visando preservar o equipamento em sua condição operacional ideal. O propósito primordial destas ações é prevenir

potenciais falhas, prolongar a vida útil do equipamento, prevenir elevação de custo e assegurar a confiabilidade e eficiência contínuas das operações.

Segundo Soeiro (2017), o plano de manutenção preventiva deve ser personalizado para a instalação específica, fundamentando-se nas diretrizes do manual do fabricante do equipamento. As informações fornecidas pelos fabricantes são geralmente baseadas em condições operacionais genéricas, sendo crucial que a equipe de manutenção leve em consideração as particularidades operacionais e ambientais da instalação. Essas variáveis podem impactar as falhas dos equipamentos, exigindo ajustes nos intervalos de inspeção e substituição de componentes de acordo com as condições específicas da instalação.

O sucesso do plano de manutenção preventiva depende de vários aspectos essenciais. Isso inclui um eficiente planejamento de estoque e a disponibilidade adequada de componentes sobressalentes e insumos essenciais. A capacitação adequada dos profissionais de manutenção é vital para evitar falhas nos procedimentos, garantindo a aplicação correta de lubrificantes sem contaminação. A competência dos operadores também desempenha um papel significativo na prevenção de erros operacionais. Além disso, é imperativo que o plano de manutenção seja concebido de maneira objetiva e clara, facilitando a compreensão e interpretação por parte dos profissionais de manutenção e operadores. Essa clareza é essencial para garantir a efetividade da execução do plano e reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas (Soeiro, 2017).

2.5.12 Indicadores de manutenção

O controle da manutenção é realizado por meio da criação e gestão de indicadores, desempenhando um papel crucial como referência para tomada de decisões e desenvolvimento de estratégias. A ausência de indicadores de manutenção torna difícil avaliar a eficácia das decisões, assim como em outras áreas. Esses indicadores proporcionam insights valiosos sobre o desempenho da manutenção, auxiliando na identificação de áreas de melhoria, na maximização da eficiência operacional e no alcance de metas predeterminadas.

Viana (2002) sustenta, que os índices de manutenção devem refletir aspectos relevantes do processo da planta. O que pode ser um indicador eficaz para uma empresa pode não ser aplicável de forma satisfatória para outra, sendo essa uma questão que requer análise específica. O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) deve avaliar a abordagem mais apropriada para o monitoramento do seu processo, seguindo a premissa de que o acompanhamento, coleta e consolidação de dados devem agregar valor real, evitando a mera ornamentação de quadros de "gestão à vista". A ênfase está em garantir que os indicadores

escolhidos sejam verdadeiramente úteis para aprimorar a eficiência e a eficácia da gestão da manutenção.

[...] “Cabe afirmar que os indicadores não são só utilizados no acompanhamento dos desafios da manutenção, mas também no que tange a sua rotina diária”. [...] (Viana, 2002, p139).

De acordo com a ABRAMAN (2022), os indicadores mais utilizados no Brasil nas plantas industriais são os seguintes:

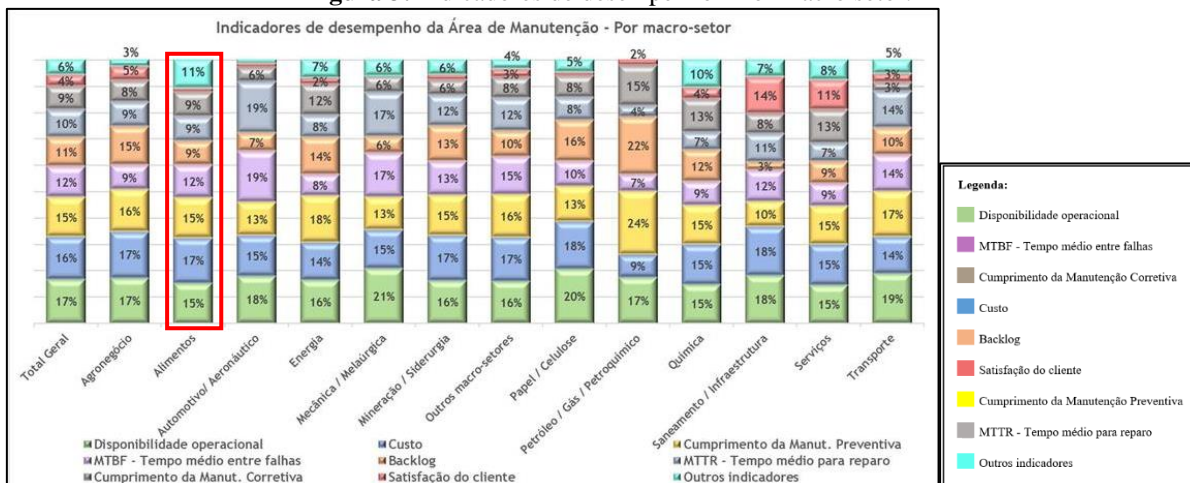
Quadro 4: Indicadores mais utilizados no Brasil.

INDICADORES DE DESEMPENHO
Disponibilidade operacional
Custo
Cumprimento da Manut. Preventiva
MTBF- Tempo médio entre falhas
MTTR - Tempo médio para reparo
Backlog
Cumprimento da Manut. Corretiva
Satisfação do Cliente
Outros Indicadores

Fonte: Abraman, 2022.

O gráfico a seguir permite comparar como diferentes setores priorizam ou se destacam em cada indicador de manutenção, destacando variações no desempenho dada aos diferentes aspectos da manutenção de cada setor. Destacando o setor de alimentos é observado uma forte ênfase na disponibilidade operacional (15%), custo (17%) e cumprimento da manutenção preventiva (15%), ou seja, indicando uma abordagem equilibrada entre manter os equipamentos em operação, garantir as preventivas e reduzir custos.

Figura 3: Indicadores de desempenho - Por macro setor.



Fonte: Abraman, 2022.

2.5.13 Disponibilidade operacional

A norma ABNT NBR 5462/1994, disponibilidade refere-se à capacidade e às condições de um equipamento para desempenhar funções específicas em um momento específico durante um período determinado de tempo. Essa métrica é crucial na avaliação do desempenho de um equipamento, indicando a sua prontidão e capacidade operacional para executar suas funções conforme necessário.

O cálculo da disponibilidade dos equipamentos não segue uma regra única, sendo desenvolvido e ajustado para se adequar de forma mais eficaz ao segmento de atuação da empresa. A qualidade das informações é crucial, sustentando o gerenciamento de recursos e as atividades de manutenção conforme delineado no planejamento estratégico da empresa. A equação para calcular a disponibilidade física do equipamento ou linha é a razão entre o total de horas produtivas e o total de horas disponíveis no período determinado (Dutra, 2019).

$$DO = \left(\frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas disponíveis no período}} \right) \times (100\%) \quad (1)$$

Viana (2002), propõe outra equação para o cálculo da disponibilidade física é definido como a relação entre o total de horas produtivas e a soma do total de horas operacionais com o total de horas paradas para manutenção preventiva e corretiva observada na equação (2). Essa equação oferece uma métrica que avalia a eficiência operacional de um equipamento ou linha, considerando tanto o tempo produtivo quanto o tempo dedicado à manutenção. Trata-se de um indicador crucial para a gestão eficaz de ativos, permitindo uma análise abrangente do desempenho operacional e do impacto das atividades de manutenção na disponibilidade global do sistema.

$$DO = \left(\frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas operacionais} + \text{Horas paradas}} \right) \times (100\%) \quad (2)$$

2.5.14 Tempo médio entre falhas (mtbf)

O MTBF (Mean Time Between Failures), ou Tempo Médio Entre Falhas, é considerado um indicador significativo no setor de manutenção. Ele permite o cálculo de vários outros indicadores, incluindo disponibilidade operacional, confiabilidade e frequência de inspeção. O MTBF mede essencialmente o tempo médio entre duas falhas consecutivas. Para uma administração eficaz desse indicador, é recomendável sua aplicação individualizada a cada

equipamento, permitindo a implementação de ações específicas e facilitando a gestão direcionada de cada componente. (Dutra, 2019).

$$MTBF = \left(\frac{\text{Soma das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de falhas}} \right) \quad (3)$$

Viana (2002) confirma, um valor crescente de MTBF ao longo do tempo indica uma manutenção eficaz, pois significa que as intervenções corretivas estão diminuindo e a disponibilidade do equipamento está aumentando.

2.5.15 Tempo médio para reparo (mttr)

O MTTR (Mean Time to Repair), ou Tempo Médio para Reparo, representa o tempo médio total necessário para reparar uma falha, envolvendo todas as equipes necessárias no processo de correção. Este indicador é particularmente utilizado para analisar a eficiência das equipes de manutenção corretiva. Ele fornece uma medida do tempo médio que uma equipe leva para identificar, diagnosticar e corrigir uma falha, impactando diretamente na disponibilidade operacional do equipamento, ou seja, a equação do MTTR é a razão entre o somatório dos tempos de reparo e o número de intervenções.

$$MTTR = \left(\frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções}} \right) \quad (4)$$

Ao monitorar o MTTR, as organizações podem avaliar a agilidade e eficácia das equipes de manutenção corretiva, identificando oportunidades para reduzir os tempos de inatividade e melhorar a eficiência na restauração do funcionamento normal após uma falha. O objetivo é minimizar o MTTR, contribuindo para a otimização da operação e a maximização do tempo disponível para produção. (Dutra, 2019).

2.5.16 Backlog

O Backlog, ou carga futura de trabalho, é uma medida que indica quantas horas-homem ou dias de trabalho serão necessários para a força de trabalho específica realizar todos os serviços solicitados, não devendo ser superior a 4 semanas. Essa métrica oferece uma visão do volume acumulado de tarefas ou serviços que ainda não foram concluídos e aguardam execução. (Dutra, 2019).

$$BACKLOG = \left(\frac{\text{Total de homem hora trabalhado}}{\text{Fator de produtividade} \times \text{Total homem hora disponível}} \right) \times (100\%) \quad (5)$$

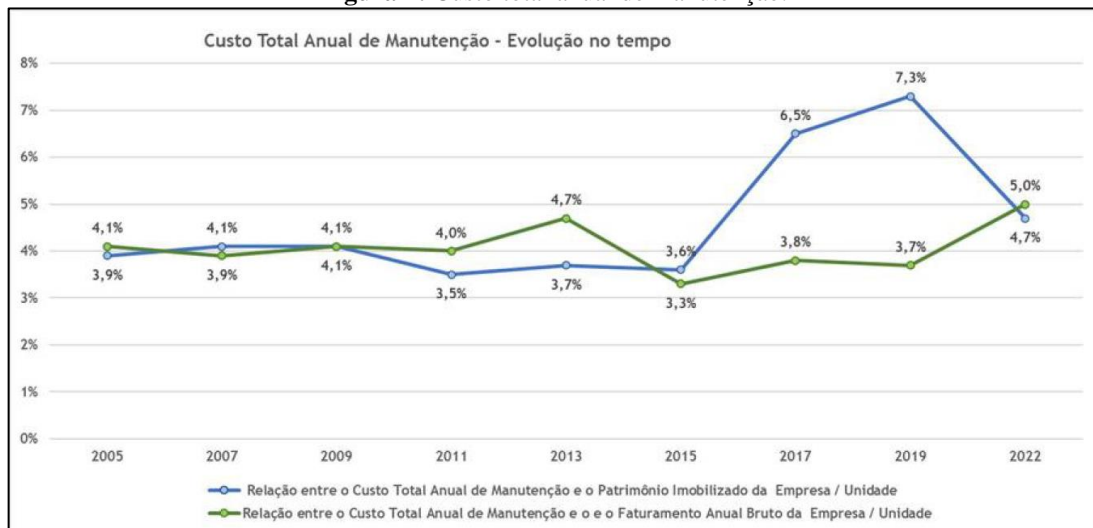
2.5.17 Custos manutenção

Segundo Viana (2002), os custos de manutenção consistem na relação entre os gastos totais com manutenção e o faturamento bruto da empresa.

A associação brasileira de manutenção e gestão de ativos (ABRAMAN), através de sua pesquisa e elaboração do documento nacional 2022, demonstra a composição aproximada do custo de manutenção das empresas no Brasil e a relação Custo total anual por faturamento bruto da empresa, além dos principais custos para a manutenção. Dados estes importantíssimos para avaliar a atual situação das empresas nacionais com relação a manutenção.

O gráfico (**Figura 4**) sugere que, ao longo dos anos, o custo de manutenção como porcentagem do patrimônio imobilizado aumentou (linha azul), especialmente após 2015, indicando possivelmente um aumento na complexidade ou nos custos de manutenção em relação ao valor dos ativos. Em contrapartida, a relação entre os custos de manutenção e o faturamento bruto da empresa (linha verde) manteve-se mais estável, sugerindo que as empresas conseguiram, em geral, manter os custos de manutenção alinhados ao seu faturamento.

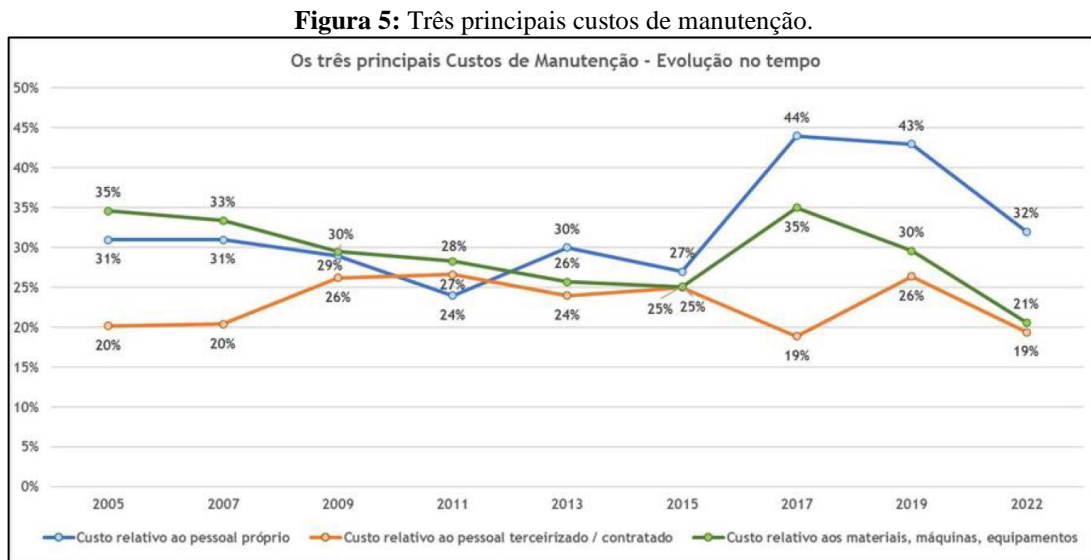
Figura 4: Custo total anual de manutenção.



Fonte: Abraman, 2022.

O gráfico (**Figura 5**) ilustra a evolução dos três principais custos de manutenção entre 2005 e 2022. O custo com pessoal próprio (linha azul), que era 31% em 2005, subiu para 44% em 2017 e depois caiu para 32% em 2022. O custo com pessoal terceirizado (linha laranja),

começou em 20%, cresceu para 26% até 2019 e então caiu para 19% em 2022. O custo com materiais, máquinas e equipamentos (linha verde) iniciou em 35%, atingiu 25% em 2015 e reduziu para 21% em 2022. Essas mudanças sugerem uma reavaliação nas estratégias de manutenção, com uma redução na dependência de terceirizados e uma potencial otimização dos recursos internos e materiais.



Fonte: Abraman, 2022.

2.5.18 Outros indicadores

Viana (2002 *apud* Butarelli, 2011) apresenta alguns indicadores adicionais que podem ser valiosos para o Controle de Manutenção (PCM):

- Retrabalho: relação entre as ordens de manutenção reabertas em um período (independentemente do motivo) e o total de ordens geradas no mesmo período.
- Índice de Corretiva: relação entre o total de horas dedicadas à execução de manutenções corretivas e o total de horas para execução de todos os serviços, incluindo manutenção preventiva, preditiva e corretiva.
- Índice de Preventiva: o oposto do índice de corretiva, considerando o total de horas alocadas para manutenção preventiva em relação ao total de horas para execução de todos os serviços de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva).
- Alocação de HH em OM: percentual de horas de trabalho (homens x horas) alocado em ordens de manutenção pelo PCM em relação ao total de horas de trabalho instalado em um mês.

- Treinamento na Manutenção: percentual de horas de trabalho dedicado ao aperfeiçoamento em relação às horas de trabalho instaladas no período considerado.
- Taxa de Frequência de Acidentes: índice representado pelo total de acidentes contabilizados por milhão de horas de trabalho.
- Taxa de Gravidade de Acidentes: total de horas de trabalho perdidas devido a acidentes de trabalho por milhão de horas de trabalho.

Esses indicadores fornecem insights adicionais sobre a eficiência e segurança das operações de manutenção.

2.6 Sistemas informatizados para manutenção

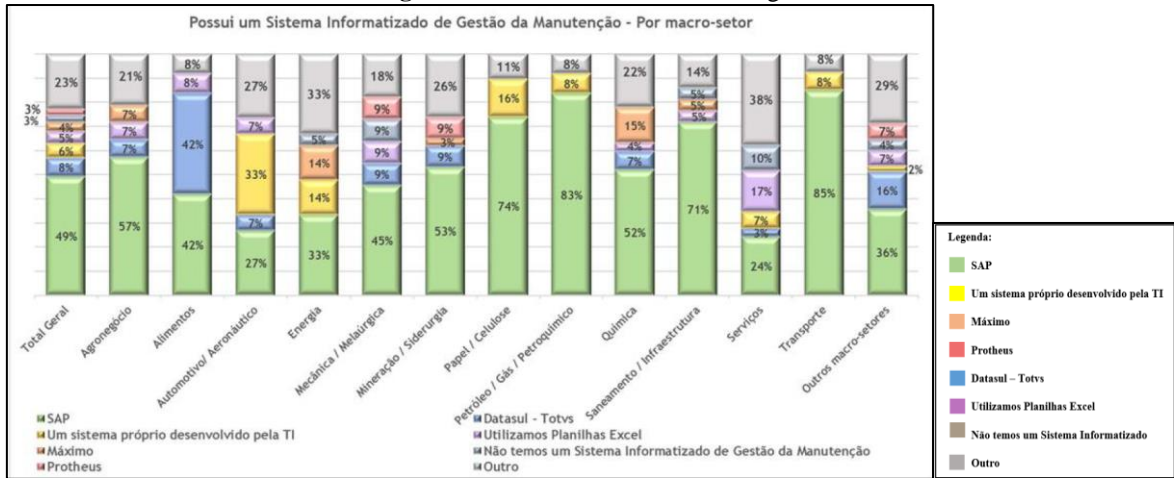
Segundo Viana (2002) na atualidade, torna-se cada vez mais desafiador para um Planejamento e Controle da Manutenção operar eficientemente sem a assistência de um software, dada a grande quantidade de informações a serem processadas. Controles manuais e planilhas eletrônicas demonstram ser ineficazes, resultando em atrasos e na deterioração da qualidade dos dados para a tomada de decisões gerenciais. O uso de um software especializado na gestão da manutenção não apenas agiliza os processos, mas também melhora a precisão e confiabilidade das informações, contribuindo para uma administração mais eficaz e embasada nas práticas de manutenção.

Essa tendência de mercado é corroborada quando observamos que aproximadamente 92% das empresas consultadas pela ABRAMAN (2022) empregam sistemas (softwares) de manutenção. O uso disseminado de sistemas de manutenção reflete a necessidade e a busca por soluções mais eficientes, ágeis e tecnologicamente avançadas na gestão dos processos de manutenção industrial. Essa transição para ferramentas digitais contribui significativamente para a otimização, automação e aprimoramento da qualidade na gestão da manutenção.

O gráfico (**Figura 6**) apresenta a distribuição de diferentes sistemas informatizados de gestão da manutenção utilizados por vários macros setores. De forma geral identificamos que, 49% utilizam SAP, 23% utilizam sistemas desenvolvidos pela própria TI da empresa, 8% utilizam Protheus e 20% corresponde a outros sistemas diversos com menores porcentagens. Como nosso objeto de estudo é o setor de alimentos ele apresenta a seguinte característica, 42% utilizam sistemas próprios da TI, 33% utilizam SAP, 8% utilizam Datasul – Totvs e 17% corresponde a outros métodos ou sistemas têm menor participação. Em resumo, o sistema de gestão mais utilizado nos macros-setores é o SAP, seguido pelos sistemas desenvolvidos pela

TI internamente e o protheus, mas ainda tem setores que utilizam planilhas em Excel ou não possuem um sistema informatizado para gestão da manutenção.

Figura 6: Sistema informatizado de gestão.



Fonte: Abraman, 2022.

Viana (2002) pontua a finalidade de um sistema voltado para manutenção são eles:

- Organizar e padronizar os procedimentos relacionados aos serviços de manutenção, incluindo solicitação de serviços, programação de serviços e informações provenientes do banco de dados;
- Facilitar a obtenção de informações da manutenção, como custo do equipamento, desempenho, características técnicas, entre outros;
- Gerenciar a estratégia de manutenção por meio de planos preventivos, assegurando que as tarefas planejadas sejam automaticamente emitidas na forma de Ordens de Manutenção;
- Aumentar a produtividade da manutenção por meio de informações, otimização de mão-de-obra e/ou priorização dos serviços;
- Controlar o estado dos equipamentos;
- Fornece relatórios de histórico dos equipamentos, bem como índices consolidados, como backlog, índice de corretiva, MTTR, entre outros;
- Esses objetivos visam à eficiência operacional, melhoria na tomada de decisões e otimização dos recursos, contribuindo para uma gestão de manutenção mais eficaz e orientada para resultados.

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação

O trabalho será de caráter descritivo por se referir à familiarização do problema e o aprimoramento de ideias com relação ao tema da pesquisa. Será empregado a pesquisa bibliográfica, para permitir embasamento teórico e ampliando as informações a respeito do assunto em questão e o estudo de caso obtendo informações sobre o tema por meio de um grupo ou comunidade.

O trabalho pode ser caracterizado como estudo de caso descritivo, uma vez que detalha e analisa a estruturação e a implementação do planejamento e controle de manutenção (PCM).

3.2 Unidade de análise

No estudo proposto o universo de pesquisa é o setor de manutenção de uma fábrica de rações, a Nutrane Nutrição Animal – Carpina/PE. Apesar do foco de o trabalho ser a estruturação e implementação do PCM na manutenção, os demais setores da planta participaram direta ou indiretamente.

O setor de manutenção é formado por 10 colaboradores, distribuídos em um supervisor, um PCM, dois mecânicos, três eletricitas, um soldador, um caldeireiro, e um pintor, sendo que o supervisor se reporta diretamente ao gerente de planta.

A manutenção é responsável por toda a unidade, ou seja, produção, armazenamento de grãos e administrativo. Vale salientar que a implantação do PCM está voltada a áreas de produção e armazenamento, foco do trabalho.

3.3 Caracterização do método

O trabalho foi direcionado pela necessidade da empresa em ser mais competitiva no mercado, aumentar a qualidade de seus produtos, reduzir custos e aumentar confiabilidade e disponibilidade de seus ativos. Assim o PCM buscou desenvolver a estruturação e implementação seguindo as etapas apresentadas no fluxo a seguir.

Figura 7 : Etapas da estruturação e implementação do PCM.



Fonte: O Autor, 2024.

Na fase inicial de implementação, destaca-se a organização do setor da manutenção, o qual é alcançado por meio da aplicação de diversos recursos como codificações, fluxogramas, desenhos, listagens, entre outros. Neste contexto, além da empregabilidade do software de gestão para propósitos de monitoramento e controle. Vale salientar a utilização do Microsoft Excel como instrumento auxiliar do PCM na concepção de tabelas e fluxogramas. AutoCAD foi empregado na elaboração dos desenhos para setor. Esta abordagem foi adotada durante a etapa inicial do processo de implementação, visando à otimização da estrutura organizacional.

O quadro 5, apresentam-se as etapas do modelo de implementação do PCM, destacando de forma sucinta suas respectivas etapas, necessidades, procedimentos, resultados obtidos, e no quadro 6 o detalhamento das etapas de implementação.

Quadro 5: Etapas de estruturação e implementação PCM.

ETAPAS	ATIVIDADE	NECESSIDADE	PROCEDIMENTO	RESULTADO
I	Organização da Manutenção	Conhecer fluxo da planta, sistema de gestão da manutenção.	Identificar ativos, codificar, organizar, alimentar sistema e atuar na mentalidade da equipe.	Ativos identificados e codificados e equipe conscientizada.
II	Padronização de atividades e documentos	Padronização dos documentos e procedimentos.	Padronização de atividades e documentos. Equipe treinada nos procedimentos	Documentos e atividades padronizados.
III	Implantação da Rotina (Manutenção + PCM)	Execução de serviços mediante Ordem de serviços.	Equipes de manutenção e produção devem abrir ordens serviço principalmente as corretivas.	Rotina de serviço com OS implantada.
IV	Programação de Planos de Manutenção	Planos de manutenção: Preventiva, lubrificação, inspeção e calibração.	Programar serviços de acordo com as prioridades.	Serviços realizados com programação e planejamento dentro do procedimento padrão.
V	Acompanhamento de indicadores.	O.S devidamente preenchidas, informações alimentadas no sistema gestor.	Coleta de informações no sistema, analisar dados, gerar resultados.	Verificar desempenho do setor através dos indicadores.

Fonte: O Autor, 2024.

Quadro 6: Detalhamento das etapas de implantação do PCM.

ETAPAS	ATIVIDADE	OBJETIVO	PROCEDIMENTO
I	Organização e Adequação do Setor.	Instruir aos colaboradores quanto a questões comportamentais, e conscientização quanto a nova abordagem.	Esse processo foi feito através de reuniões e treinamentos.
II	Sistema de Gestão para Manutenção.	Iniciar a utilização do sistema de gestão para manutenção (Gestor-SM), utilizado exclusivamente pelos PCMs de cada unidade.	Solicitar treinamento a empresa para utilização do Software, buscar informações sobre principais funções com as outras unidades.
III	Identificação de Setores, Máquinas e Codificação dos Equipamentos.	Proceder com a organização completa do setor fabril, estabelecendo divisões e identificações essenciais, com o objetivo de implementar os códigos necessários no sistema.	Realizar um Gemba Walk, fazendo levantamento de todo o layout da fábrica e colher as informações necessárias.
IV	Elaboração de Fluxogramas.	Elaborar o fluxograma dos setores fabris com o intuito de facilitar a familiarização e a identificação das novas nomenclaturas.	Familiarizar-se com o processo de produção da fábrica, criar os fluxogramas correspondentes e disponibilizá-los de maneira visível nas instalações fabris.
V	Ficha Técnica dos Equipamentos.	Realizar um levantamento abrangente de todos os dados técnicos dos equipamentos, estabelecendo um banco de dados individual para cada máquina e disponibilizando-os para consulta.	Extrair informações dos manuais dos equipamentos e do chão de fábrica, transferindo esses dados para o sistema e arquivando devidamente todos os detalhes técnicos obtidos.
VI	Emissão de Ordem de Serviço.	Implementar o uso da Ordem de Serviço para requisição de serviços, visando construir um banco de dados sobre as intervenções em equipamentos. Isso não apenas possibilitará a gestão eficaz das ações nos equipamentos mais críticos, mas também permitirá um registro detalhado das operações realizadas.	Atribuir a responsabilidade de emissão da Ordem de Serviço (O.S.) a indivíduos autorizados, proporcionando treinamento específico a eles. Além disso, conscientizar os profissionais de manutenção sobre a importância de não realizar serviços sem a devida O.S. e, adicionalmente, fornecer treinamento detalhado para que possam preencher corretamente esses documentos.
VII	Elaboração de Planos de Manutenção.	Desenvolver todos os planos de manutenção (Inspeção, Lubrificação, Preventivos e Calibração) determinar suas periodicidades e registrar as informações no sistema.	Obter informações específicas para a manutenção preventiva por meio da consulta a manuais, contato com fornecedores e colaboração com a expertise dos mantenedores. Essa abordagem integrada visa garantir uma compreensão abrangente e detalhada dos requisitos necessários para a execução eficaz da manutenção preventiva.
VIII	Histórico dos Equipamentos.	Registrar de forma sistemática no histórico todos os serviços realizados nos equipamentos, sejam eles corretivos ou preventivos. Além disso, documentar as causas, sintomas e as ações específicas realizadas em cada intervenção.	Transferir todas as informações das Ordens de Serviço (O.S.) corretivas e preventivas para o sistema, vinculando-as ao TAG do equipamento. Esse procedimento visa assegurar a confiabilidade das informações e possibilitar o acesso a um histórico abrangente do equipamento, facilitando a gestão e análise eficaz das intervenções realizadas.
IX	Indicadores de Desempenho.	Definir indicadores de desempenho específicos e garantir que o PCM colete as informações necessárias para sua apresentação eficaz, assegurando uma avaliação abrangente do setor de manutenção permitindo decisões informadas e aprimoramento contínuo.	Realizar a mensuração mensal dos índices de desempenho escolhidos. Identificar os indicadores relevantes e apresentar visualmente por meio de gráficos o desempenho do setor, comparando-o com as metas estabelecidas a nível corporativo.
X	Treinamento Contínuo da Equipe	Realizar a capacitação abrangente de toda a equipe para a execução das atividades propostas. Buscar feedback regularmente em cada etapa da implantação, fomentando a participação ativa e incentivando a equipe a contribuir com novas ideias.	Conduzir palestras e treinamentos destacando a importância do planejamento e controle nos serviços de manutenção. Enfatizar os benefícios alcançados por toda a equipe e incentivar a participação ativa nas reuniões.

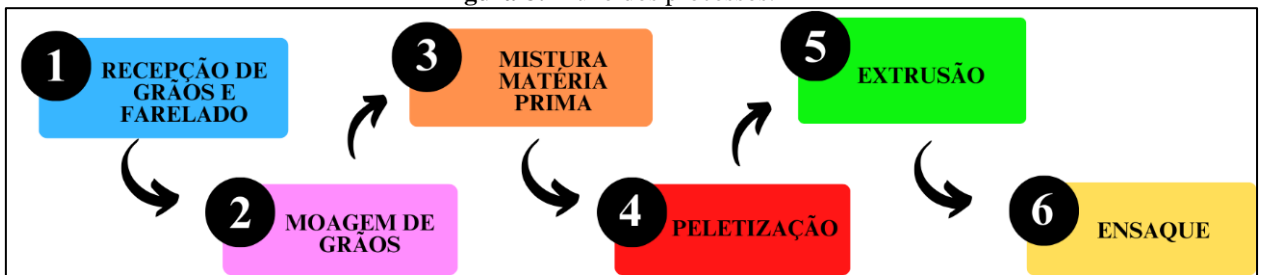
Fonte: O Autor, 2024.

3.4 Coleta de dados e cadastro

A coleta de dados foi realizada de diversas formas. Primeiro, se fez necessário a planta industrial, identificar quais suas áreas de operação, quais máquinas temos, qual o fluxo da matéria prima até o produto acabado. Para isso, foi elaborado um fluxograma de toda fábrica e das máquinas. Na (Figura 9) observamos um recorte do setor de extrusado, sendo observado no Anexo A, o fluxograma geral da planta.

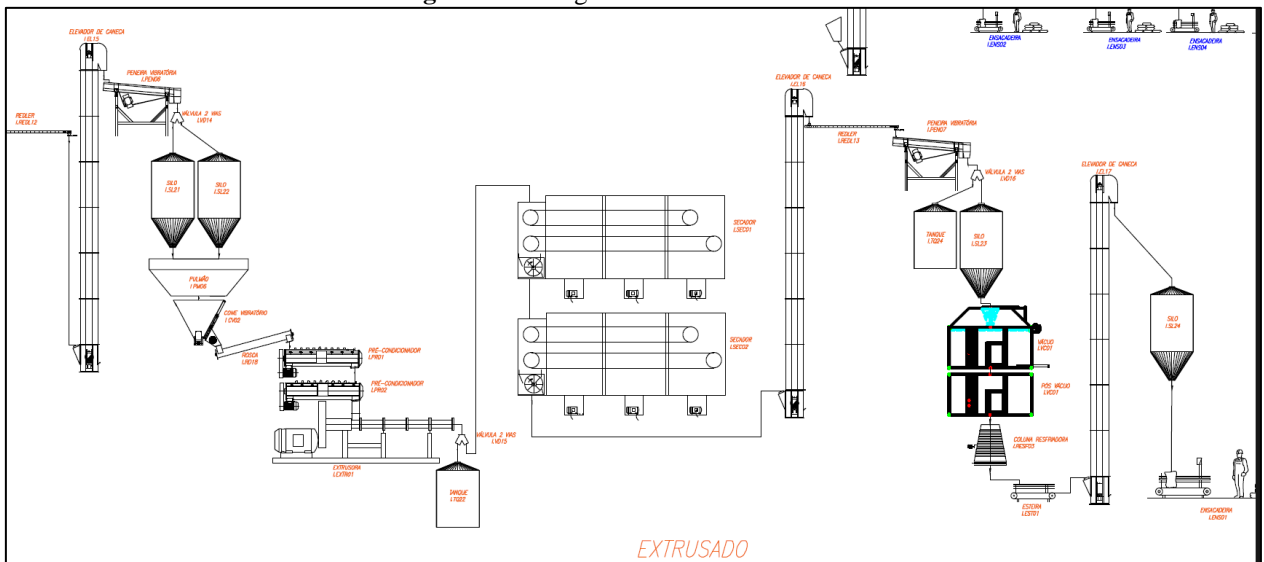
Foi elaborado o mapeamento das áreas de produção distribuídas em recebimento, moagem, mistura, peletização, extrusão e ensaque conforme resumido na (Figura 8). Nelas encontramos os mais variados equipamentos para manufatura de ração animal, além delas podemos citar as caldeiras que fornecem vapor e compressor para fornecimento de ar comprimido essenciais nos processos de fabricação.

Figura 8: Fluxo dos processos.



Fonte: O Autor, 2024.

Figura 9: Fluxograma setor extrusado.



Fonte: O Autor, 2022.

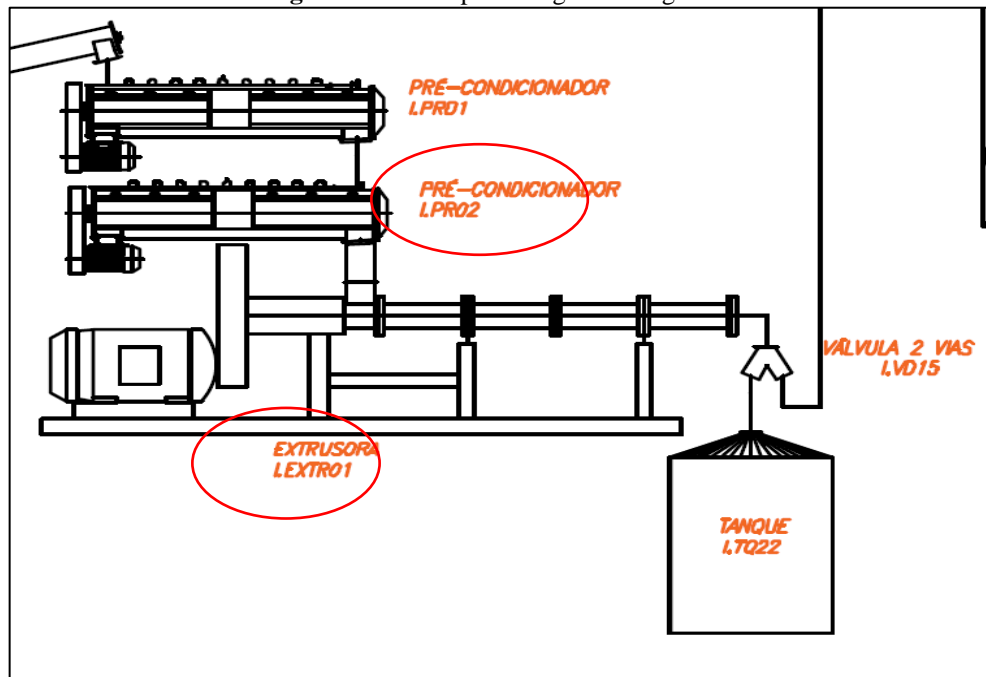
Após essa etapa, fez necessário o cadastro de todas as máquinas da planta que foram identificadas durante a elaboração do fluxograma pelo PCM da unidade. Para isso, o tagging e identificação por área é necessário, ao todo foram levantados 225 máquinas e equipamentos.

Quadro 7: Identificação por código/tag.

Extrusora 01 = I. EXTR01		
I	EXTR	01
IRCA (Marca Nutrane).	Abreviação de 2 a 4 letras.	Ordem de cadastro se temos mais de um equipamento com mesmo nome.

Fonte: O Autor, 2024.

Figura 10 - Exemplo da tag no fluxograma.



Fonte: O Autor, 2022.

Além disso, na etapa de cadastro de dados também foram levantadas as fichas técnicas (ANEXO C) dos ativos da planta, todas as informações foram alimentadas dentro do software de manutenção o Gestor-SGM (Software para gestão da manutenção) utilizado pela empresa em estudo, o sistema gestor é da empresa EMV Technology, especialista em softwares para manutenção e desenvolvimento de aplicativos customizados.

Figura 11: Ficha de cadastro de máquina.

Máquina / Nº Patrimônio / Nº Série: I . CALD01

Dados Nome: CALDEIRA ATA 18

Dados adicionais Patrimônio/Local: Nº Série: 4023

Imagem

Plantão Família:

Anexos

Observações Divisão: CALD CALDEIRAS

Garantias Sub-Divisão: -

Consultas

PLANOS MANUTENÇÃO Centro de Custo: 03 NUTRANE CARPINA

Análise de Falha Modelo: H-3 Fabricante: TECOREL

Itens da NR.12

Cuidados de Operação Críticidade: Máquina Chave Máquina Ativada

Hierarquia INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Peças Descrição: Valor:

Descrição Item	Valor Item
<Sem dados para visualizar>	

Status: ** Alteração ** F2 - Pesquisa rápida * Campo Obrigatório

Planos Manut. Imprimir Planta Ficha Cadastral Salvar Cancelar

Fonte: Emvtech, 2022.

Para finalizar a etapa de cadastro, foram definidas a matriz de criticidade dos ativos. A definição dos equipamentos mais críticos foi realizada através de reuniões com diretoria, gerencia de produção, manutenção, PCM e PCP (Planejamento e controle de produção). Foram listados equipamentos que tem poder de parada imediata de fábrica ou linha de produção em caso de quebra precoce ou não programada.

Quadro 8: Máquinas com criticidade alta.

CRITICIDADE	
Caldeira ATA18	Para toda fábrica
Caldeira ATA12	Para toda fábrica
Compressor	Para toda fábrica
Moagem grãos	Para toda fábrica
Mistura	Para toda fábrica
Elevador 10	Para toda fábrica
Redler 11	Para toda fábrica
Extrusora	Para linha PET
Peletizadora	Para Linha Criação

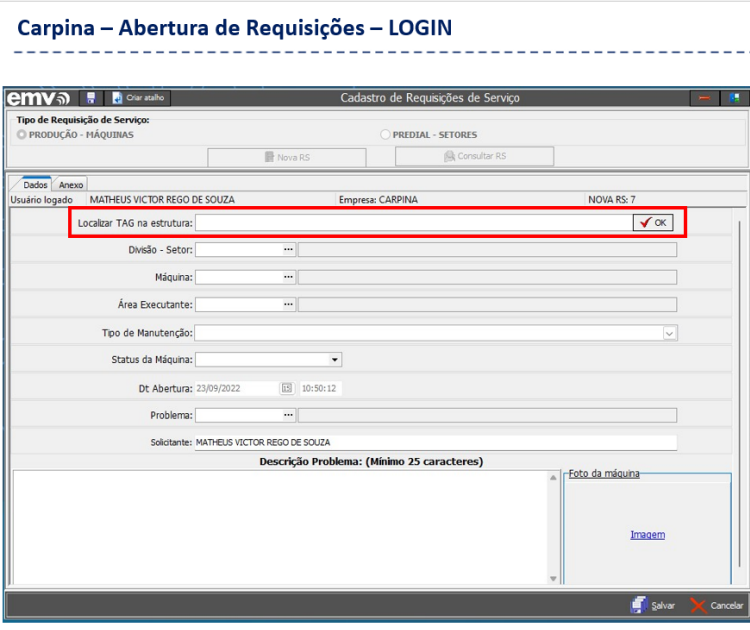
Fonte: O Autor, 2024.


3.5 Padronização de atividades

Nessa etapa destaca-se três objetivos, primeiro padronizar a documentação e os procedimentos que as equipes técnicas de manutenção seguir, treinamento das equipes para atuar de forma eficaz com os procedimentos apresentados e a execução de serviço mediante uma ordem de serviço.

Assim, foi elaborado um treinamento com equipes de produção e manutenção apresentando o sistema de gestão de manutenção e qual a participação deles utilizando o sistema, pois mesmo que não tenham acesso além da solicitação de serviços, os executores devem preencher precisamente as ordens de serviço, com o maior número de informações possíveis, pois ao término esses dados serão analisados pelo PCM da unidade. A seguir nas figuras 12 e 13, o modelo de apresentação do treinamento, que foi transmitido através de palestras presenciais e testes diretamente no sistema gestor.

Figura 12 : Apresentação para treinamento de equipes.






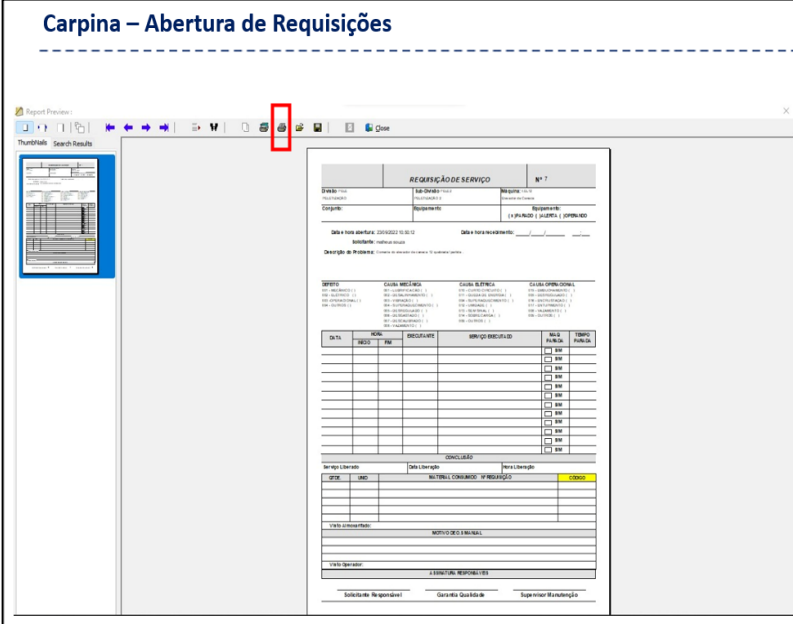
- **Indicação da TAG do Equipamento:**
 - Para preencher os dados da requisição, primeiro informar o código do equipamento presente no Fluxograma ou nos equipamentos.
 - Escreva o código em **“Localizar TAG na estrutura”** e depois pressione o **“OK”**.

Fonte: Nutrane, 2022.

Figura 13: Apresentação para treinamento de equipes.

Carpina – Abertura de Requisições





- **Visualização e Impressão:**
 - Nesse item, temos a pré-visualização da requisição de serviço.
 - No ícone destacado em vermelho, clicamos para imprimir nossa requisição, que deverá ser entregue diretamente ao Supervisor de Manutenção do turno, ou aos técnicos em caso de ausência do Supervisor.

Fonte: Nutrane, 2022.

Para a realização de serviços de manutenção, é indispensável a emissão de uma ordem de serviço por meio do sistema gestor. Nessa etapa, um operador qualificado ou um mantenedor, no caso de uma ordem corretiva emergencial, emite a ordem correspondente. O mantenedor então prossegue para a execução da atividade. Quando a atividade está relacionada a uma ordem planejada, que pode ser preventiva, de lubrificação, inspeção ou calibração, a mesma previamente foi programada pelo PCM.

A ordem de serviço deve ser preenchida com as seguintes informações na abertura:

- Tag do equipamento;
- Hora da abertura e data;
- Descrição do problema;
- Status do equipamento (parado, operando ou alerta);
- Qual tipo do problema (mecânico ou elétrico).

Com essas informações, torna mais assertiva o direcionamento do técnico mais adequado para identificar e resolver o problema. Ao término da atividade, o mantenedor tem por obrigação preencher os seguintes itens da ordem de serviço:

- Data e hora da execução;
- Data e hora do término;
- Quais colaboradores participaram dessa atividade;

- Tempo de máquina parada;
- Material de consumo;
- Causa da falha;
- Qual foi a solução.

Assim, após a conclusão do documento, este deve ser entregue ao PCM responsável pela unidade, para que este finalize a ordem de serviço no sistema de gestão, incorporando todas as informações descritas. Dessa forma, o planejador de manutenção terá à sua disposição um histórico detalhado e robusto, permitindo uma análise abrangente das intervenções realizadas na fábrica.

3.6 Programação dos planos de manutenção

Como foi visto na fundamentação teórica deste trabalho, um plano de manutenção é resultante da combinação de duas ações fundamentais: a etapa de planejamento, que consiste em definir o que, como e em qual intervalo de tempo a atividade deve ser executada, e a fase de programação, que estabelece o responsável, o método de execução e o prazo para realização da atividade (Soeiro,2017).

Na planta em estudo, os planos de manutenção foram distribuídos em quatro tipos:

- Plano de Lubrificação;
- Plano de Calibração;
- Plano de Inspeção;
- Plano Preventivo.

Na unidade de Carpina, encontram-se em vigência apenas os planos de lubrificação e calibração, enquanto os planos de inspeção e manutenção preventiva estão em fase de desenvolvimento. Essa abordagem foi adotada como uma estratégia acordada conjuntamente pela diretoria, gerência e equipe de planejamento. Vale salientar que todos são importantíssimos para o planejamento da manutenção, aumentando a confiabilidade, disponibilidade e qualidades dos produtos.

O objetivo da lubrificação é reduzir o atrito entre superfícies ajustadas. Para programá-la adequadamente, é essencial conhecer detalhadamente os ativos da empresa, identificando, por meios de informações do fabricante, manual ou catálogo, quais peças e componentes necessitam de lubrificação, a periodicidade adequada, o tipo de lubrificante e a quantidade

necessária, considerando cada máquina e sua operação. Alguns dos principais elementos mecânicos passíveis de lubrificação são engrenagens, mancais, cilindros, superfícies planas deslizantes, dentre outros. Outro fator importante é saber priorizar quais ativos tem maior criticidade fator importante para evitar que equipamentos que tem poder de parada de operação sofram com falhas precoces e serviços não programados.

O plano de manutenção após programado pelo PCM, utiliza o sistema gestor da manutenção para acompanhar quando deverá ser a próximo serviço, assim emite-se uma ordem de serviço e entrega-se ao supervisor da manutenção, encarregado de direcionar o técnico para execução do serviço programado e após sua conclusão deve devolver a OS programada para alimentar o sistema e atualizar o plano.

O plano de calibração, tem o objetivo manter balanças industriais, válvulas e equipamentos laboratoriais calibrados de acordo com as normas técnicas NBR 17025 e pelas Boas práticas de fabricação (BPF) estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a seguir o plano de calibração programado, assim na mesma métrica o PCM acompanha através das OS dos planos e alimenta o sistema com todas as informações, dessa forma o histórico com o passar do tempo fica mais robusto e auxilia nas estratégias futuras.

Figura 14: Plano de calibração.

Situação	Programação	Execução	Periodicidade	Últ. Execução	Calibração	Divisão
Em dia	1	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.LAB01-BADI01 - BALANÇA DIGITAL	ADM
Em dia	2	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.LAB01-BAUM01 - BALANÇA DE UMIDAC	ADM
Em dia	3	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-BAAN01 - BALANÇA ANALITICA	ADM
Em dia	4	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.LAB01-PADI01 - PAQUÍMETRO DIGITAL	ADM
Em dia	5	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.LAB01-PAWK01 - MEDIDOR DE ATIVID	ADM
Em dia	6	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-ESDI01 - ESTUFA DIGITAL/ TECI	ADM
Em dia	7	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-PHBA01 - PHMETRO DE BANCAC	ADM
Em dia	8	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-BULT01 - BANHO ULTRATERMO	ADM
Em dia	9	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-MUFL01 - MUFLA/ EDG/ EDG 300	ADM
Em dia	10	21/08/2023	335 Dias	20/09/2022	I.LAB01-DEGO01 - DETERMINADOR DE C	ADM
Em dia	11	13/08/2023	335 Dias	12/09/2022	I.LAB01-DEST01 - DESTILADOR/ QUIMIS	ADM
Em dia	12	13/08/2023	335 Dias	12/09/2022	I.LAB01-DENI01 - DESTILADOR NITROGÉ	ADM
Em dia	13	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.ENSA-BALA01 - BALANÇA 1 /RAMUZA /	EXTR
Em dia	14	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.MIST-BALA02 - BALANÇA 2 / FLEXA /LR	MIST
Em dia	15	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.MIST-PMIX-BALA03 - BALANÇA 3/ FLEX	MIST
Em dia	16	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.ENSA-BALA04 - BALANÇA 4/ TOLEDO /I	PELE
Em dia	17	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.ENSA-BALA05 - BALANÇA 5/ TOLEDO /	PELE
Em dia	18	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.ENSA-BALA06 - BALANÇA 6 / TOLEDO /	PELE
Em dia	19	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.EXTR01-BALA07 - BALANÇA 7 / TOLEDE	EXTR
Em dia	20	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.SL23-BALA08 - BALANÇA 8 /FLEXAR /L	EXTR
Em dia	21	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.VC02-BALA09 - BALANÇA 9 /FLEXAR /L	EXTR
Em dia	22	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.EXTR01-PAQU02 - PAQUÍMETRO / STA	EXTR
Em dia	23	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.EXTR01-MAAG01 - MANÔMETRO ÁGUA	EXTR
Em dia	24	08/05/2024	335 Dias	08/06/2023	I.EXTR01-MAVP01 - MANÔMETRO VAPOF	EXTR
Em dia	25	05/05/2024	335 Dias	05/06/2023	I.EXTR01-MAVC01 - MANÔMETRO VAPOI	EXTR
		42				

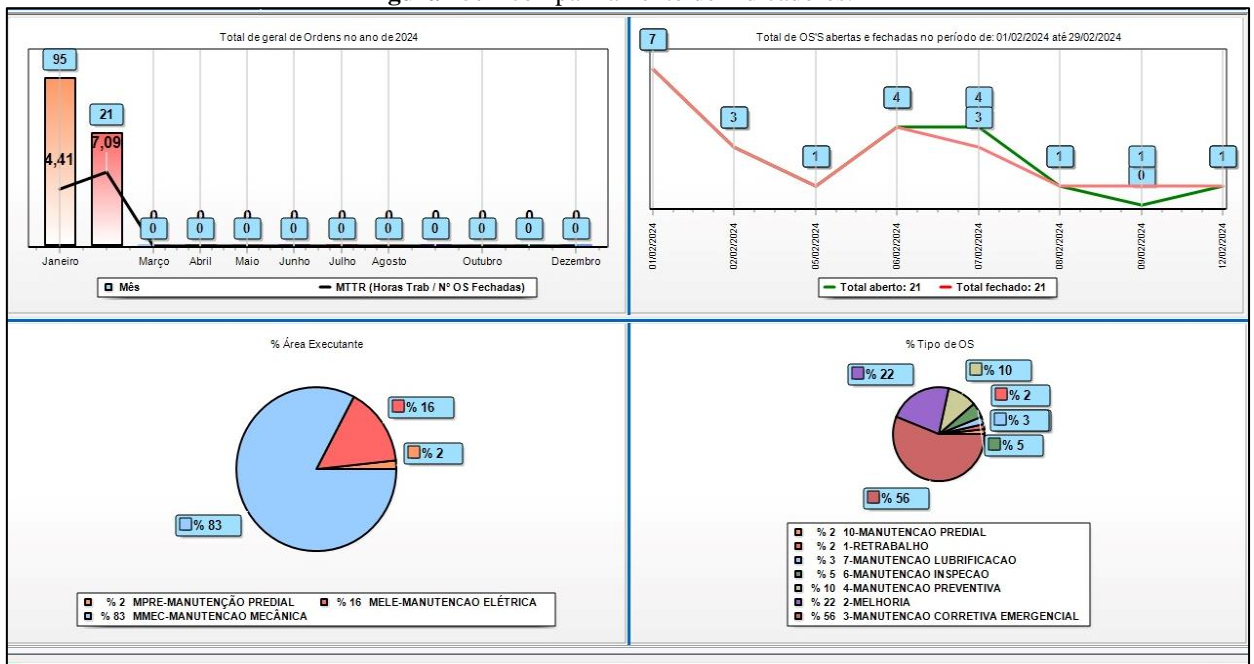
Fonte: Emvtech, 2022.

3.7 Acompanhamento de indicadores

Para o acompanhamento de indicadores é necessário que todas as etapas anteriores, coleta de dados, organização, treinamento, abertura e preenchimento de ordem de serviço, planos de manutenção e sistema devidamente alimentados com o maior número de informações possíveis.

Os índices de manutenção retratam os aspectos mais importantes no processo da planta, ou seja, a real situação dos seus ativos, dependendo da estratégia abordada pela empresa alguns indicadores serão satisfatórios e outros não. É através dessas informações que o PCM deve avaliar a qual o melhor monitoramento do processo, assim deve acompanhar aquilo que esteja alinhado estrategicamente com o plano da empresa e que agrega valor. Na imagem abaixo, observa-se um exemplo real do acompanhamento de planejamento e controle de manutenção.

Figura 15: Acompanhamento de indicadores.



Fonte: Emvtech, 2022.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados os principais resultados obtidos com a implementação do setor de planejamento e controle de manutenção (PCM), para isso dados coletados do sistema gestor da manutenção foram utilizados. Além disso, será mostrado o comparativo da situação anterior e posterior à estruturação do setor.

4.1 Diagnóstico do setor

Implementar o planejamento e controle de manutenção (PCM) em uma empresa que não possui histórico prévio dessa prática é uma tarefa desafiadora que demanda tempo persistência. Não eram realizadas atividades que permitissem a identificação de um planejamento e controle efetivos ao contrário, as atividades eram conduzidas de forma reativa, respondendo às ocorrências diárias.

Dessa forma, implementar uma abordagem de planejamento e controle representa um dos maiores desafios, uma vez que requer uma mudança cultural tanto na empresa quanto entre os colaboradores. Isso envolve um processo de conscientização e aplicação prática das atividades, buscando alterar a dinâmica operacional para uma abordagem mais estruturada e proativa.

A implantação do PCM seguiu os procedimentos demonstrados na metodologia, considerando sugestão de autores especialistas e influenciado pela implantação do PCM em outras unidades da empresa na região Nordeste. É relevante destacar que as demais unidades da empresa estavam em processo de implementação do setor de PCM. No entanto, devido às diferenças de porte entre as unidades, houve uma utilização limitada das informações disponíveis. Nesse contexto, o trabalho foi praticamente conduzido de maneira independente em relação às filiais, considerando as particularidades de cada uma delas.

A implementação do PCM ocorreu de forma progressiva, estando atualmente em pleno funcionamento. Algumas ressalvas se aplicam a determinados planejamentos, os quais precisaram ser reprogramados devido a escolhas estratégicas específicas. Importante observar que tais ajustes não impactam diretamente o funcionamento do PCM. Cada fase da implantação pode ser segmentada de acordo com o período em que foi executada. É evidente que, em determinados momentos, algumas etapas foram conduzidas simultaneamente, resultando na minimização do tempo de implementação, sem desconsiderar os pré-requisitos estabelecidos. A tabela 8, oferece uma visão resumida do desenvolvimento do processo de implantação, sua sequência e particularidades.

A partir deste ponto, serão destacados os principais índices coletados após a implementação do PCM. Além disso, será realizada uma comparação dos resultados obtidos, abrangendo o período de análise que engloba os 14 meses iniciais do setor de PCM.

4.2 Histórico de serviços

O histórico é uma ferramenta crucial no âmbito do planejamento e controle de manutenção. Todas as informações registradas nas ordens de serviço convergem para o sistema, onde estão vinculados tags, fichas de cadastro, principais peças, entre outros elementos. Dessa forma, é constituído um banco de dados que possibilita a identificação de eventos como a última troca de óleo, a substituição de um rolamento, reincidências de problemas, entre outros. Em suma, esse histórico representa o principal arquivo com registros relacionados a incidentes, avarias, reparações e intervenções gerais nos ativos.

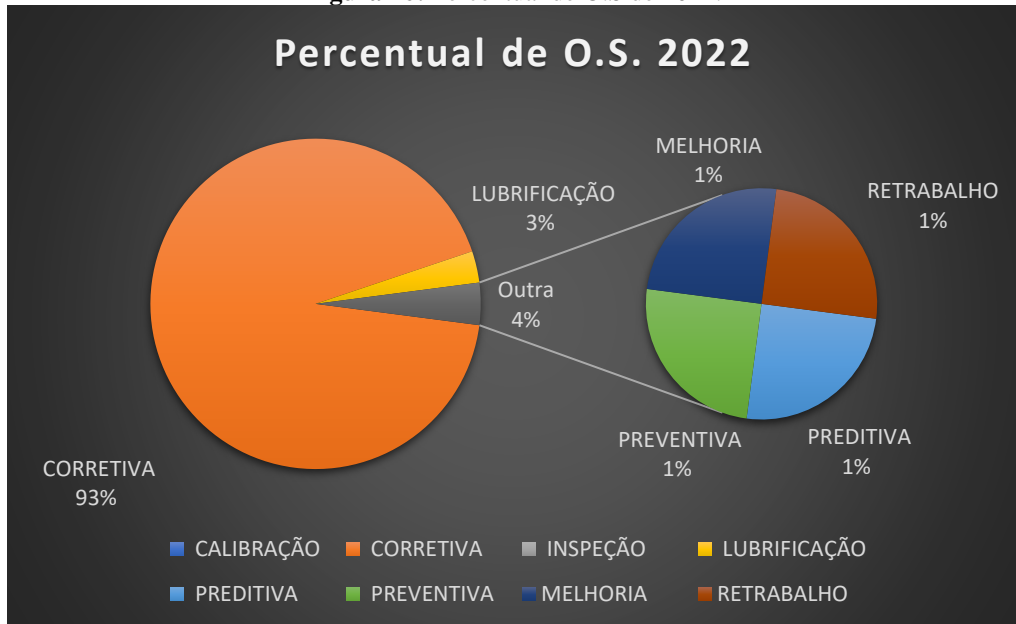
Essa ferramenta é favorecida se integrada a um sistema de gestão informatizado, permitindo o processamento automático de um grande volume de informações. No entanto, é crucial enfatizar que a ordem de serviço deve ser preenchida de maneira abrangente, incluindo a identificação da causa do problema, a descrição da ação tomada, e o registro das peças utilizadas, entre outros detalhes.

Os gráficos da **Figura 16** e **Figura 17** são referentes as porcentagens por tipo de O.S dos anos de 2022 e 2023. Observa-se que no ano de 2022 com 97 ordens de serviços executada e poucos meses de início do PCM na unidade, um percentual de 93% de manutenção corretiva emergencial, 3% de manutenção preventiva de lubrificação e 4% outros. Taxa muito preocupante, pois, apenas com esses dados podemos afirmar que existia um alto custo com corretivas, baixa confiabilidade e disponibilidade dos ativos.

Em contrapartida, no ano de 2023, com 682 ordens de serviços executada tem melhora significativa pois apresenta um percentual de 60% de manutenção corretiva emergencial, 21% de manutenção preventiva de lubrificação, 11% de melhorias, 5% de manutenção preventiva, e 2% de manutenção preventiva de calibração e 1% outros. Com relação ao ano 2022, o ano de 2023 teve uma redução de 33% nas manutenções corretivas e um aumento significativo nas manutenções preventivas de: 3% para 28% de manutenções preventivas. Segundo Viana (2002), o índice de manutenção corretiva deve estar abaixo de 30%, e proporcionalmente, manutenção preventiva 70%.

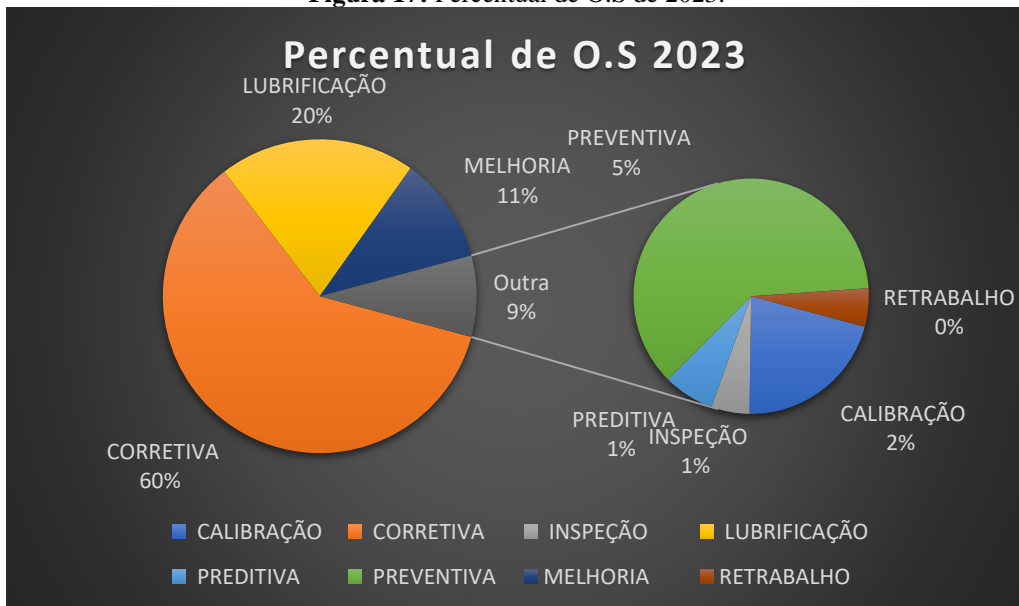
Nesse caso, mesmo com índices fora dos ideais, os dados comprovam o comprometimento da empresa e dos colaboradores na mudança de cultura interna, o que acarreta em redução de custos, maior confiabilidade, disponibilidade e qualidade de produtos.

Figura 16: Percentual de O.S de 2022.



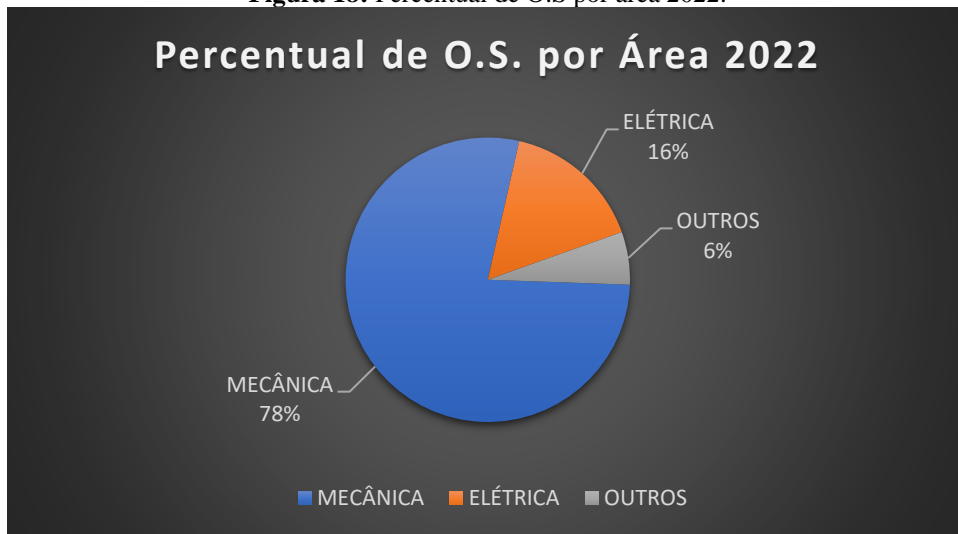
Fonte: O Autor, 2024.

Figura 17: Percentual de O.S de 2023.

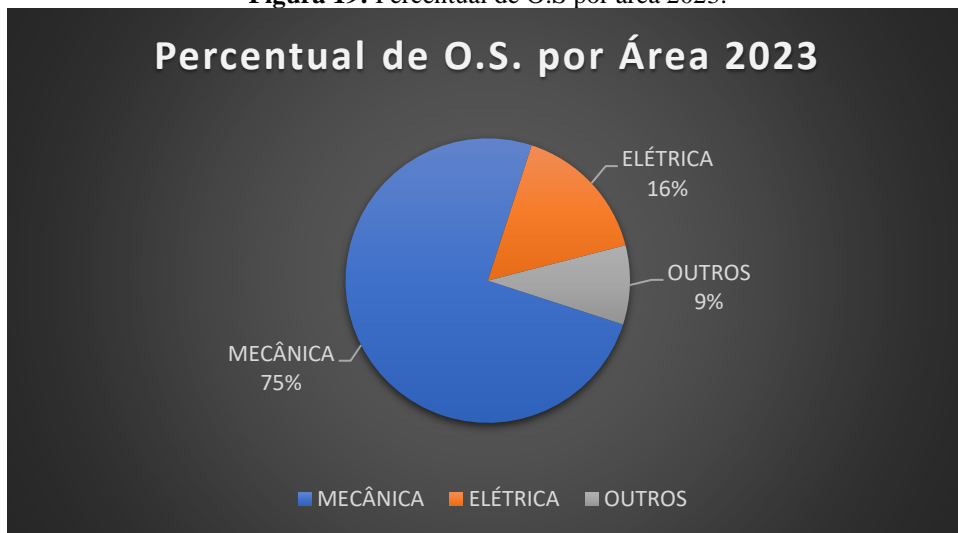


Fonte: O Autor, 2024.

Além das análises anteriormente abordadas, é viável identificar as áreas de manutenção que demandam maior volume de serviços. Os gráficos a seguir fornecem essa informação de maneira clara e detalhada.

Figura 18: Percentual de O.S por área 2022.

Fonte: O Autor, 2024.

Figura 19: Percentual de O.S por área 2023.

Fonte: O Autor, 2024.

Nos gráficos da **Figura 18** e **Figura 19** referente aos anos de 2022 e 2023, é evidente que a predominância de atividades mecânicas se concentra nos setores específicos de mecânicos, caldeireiros, soldadores e auxiliares. Este padrão sugere que a fábrica em análise, enfrenta mais desafios relacionados à mecânica do que à área elétrica. Essa observação é crucial para direcionar estratégias de aprimoramento, tais como investimentos em modernização de máquinas e equipamentos, otimização de procedimentos operacionais e intensificação de manutenções preventivas. Identificar e abordar essas falhas mecânicas torna-se fundamental para a eficiência e longevidade operacional da empresa.

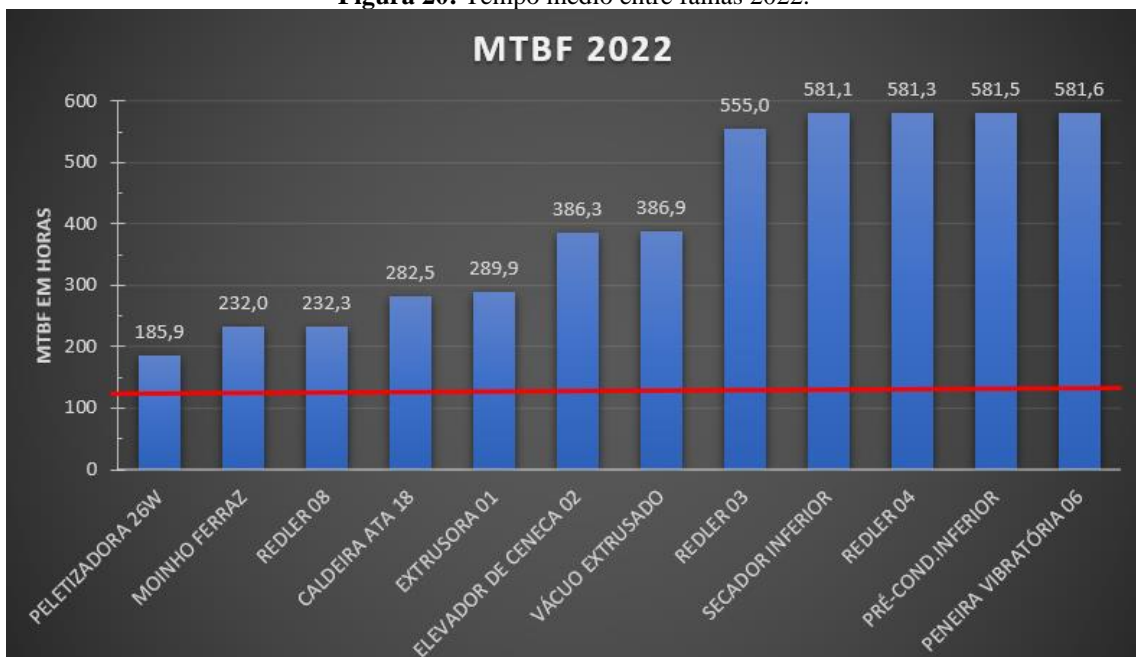
4.3 Análise de mtbf (tempo médio entre falhas)

Conforme abordado no tópico 2.5.14 deste trabalho, entende-se que MTBF (Tempo médio entre falhas) realiza a mensuração do tempo durante o qual o equipamento esteve operacional, até o momento da detecção da próxima falha (PEREIRA, 2009).

A seguir, os gráficos das **Figura 20** e **Figura 21** apresentam o MTBF com dados extraídos do sistema de manutenção da Nutrane Nutrição Animal, empresa objeto deste estudo. Para uma compreensão mais aprofundada dos gráficos, é essencial destacar alguns elementos. A linha em vermelho representa o tempo médio de operação da planta ao longo de uma semana de trabalho, correspondendo a 6 dias, sendo que cada dia compreende 22 horas de atividades.

Conforme abordado no desfecho do tópico 3.4 deste estudo, constata-se que em 2022, equipamentos de alta criticidade, apresentam um MTBF (Tempo Médio entre Falhas) significativamente reduzido. Um exemplo disso é a Peletizadora 26W, o Moinho Ferraz, Extrusora 01 e a Caldeira ATA18. Esta última, com potencial de interrupção da linha de produção e da operação fabril como um todo.

Figura 20: Tempo médio entre falhas 2022.



Fonte: O Autor, 2024.

No entanto, no gráfico de MTBF (Tempo Médio entre Falhas) do ano de 2023 observamos melhora significativa nos valores de MTBF, ou seja, o intervalo entre falhas aumentou o que indica mais disponibilidade, confiabilidade e produtividade.

Figura 21:Tempo médio entre falhas 2023.

Fonte: O Autor, 2024.

Concluindo a análise desse indicador, foram selecionados seis equipamentos para a comparação de seu Tempo Médio entre Falhas entre 2022 e 2023. A escolha levou em consideração melhorias ou pioras significativas, com impactos diretos na produção. Destaca-se um aumento acima da média para disponibilidade na Caldeira ATA 18 e no Moinho Ferraz, enquanto observa-se uma piora significativa na disponibilidade na Extrusora 01, devido ao menor intervalo de quebras, ou seja, a extrusora 1 apresentou alguma falha precocemente. Enquanto em 2022(**Figura 20**) levou 289,9 horas para uma falha, em 2023(**Figura 21**) apenas com 175,3 horas ocorreu a falha. Além disso essa análise levou em consideração valores de MTBF (Tempo Médio entre Falhas) abaixo das 1000 horas.

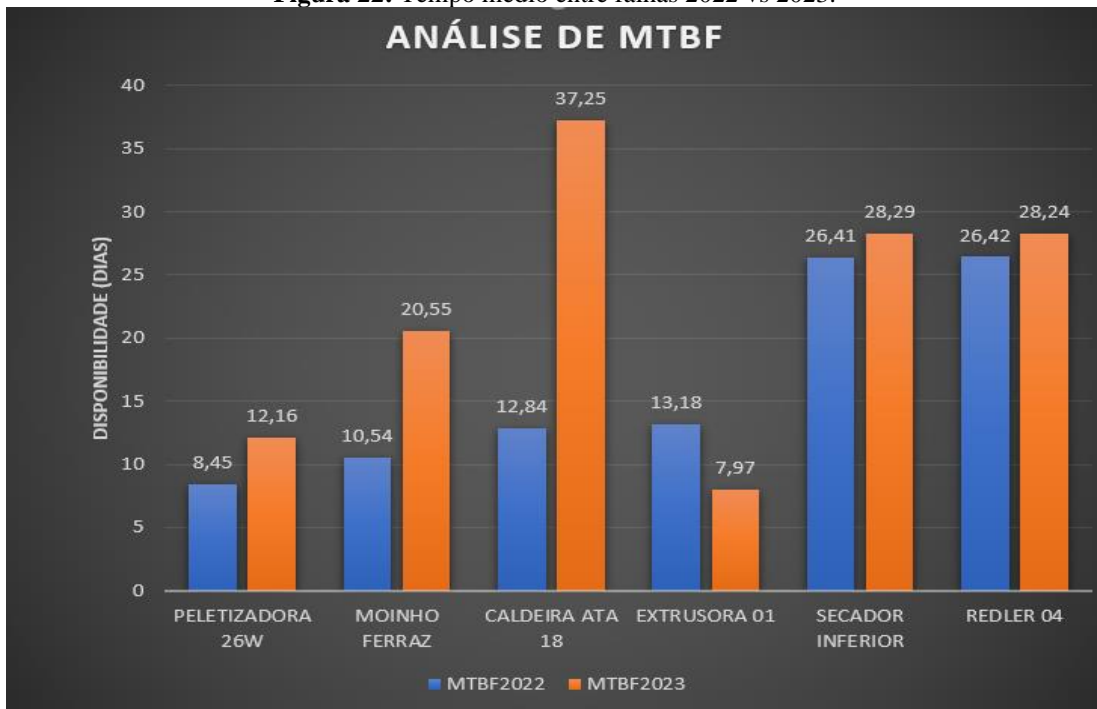
No gráfico da **Figura 22**, é comparado o MTBF para diferentes equipamentos em dois anos consecutivos: 2022(barras azuis) e 2023 (barras laranja). O eixo vertical representa disponibilidade em dias, enquanto o eixo horizontal lista os diferentes equipamentos avaliados:

- Peletizadora 26W: A disponibilidade aumentou de 8,45 dias em 2022 para 12,16 dias em 2023.
- Moinho Ferraz: Houve um aumento de 10,54 dias em 2022 para 20,55 dias em 2023.
- Caldeira ATA18: A disponibilidade teve um grande aumento de 12,84 dias em 2022 para 37, 25 dias em 2023.
- Extrusora 01: a disponibilidade caiu de 13,18 dias em 2022 para 7,97 dias em 2023.
- Secador Inferior: A disponibilidade aumentou ligeiramente de 26,41 dias em 2022 para 28,29 dias em 2023.

- Redler 04: A disponibilidade também um pouco, de 26,42 dias em 2022 para 28,24 dias em 2023.

Esses dados indicam como a confiabilidade dos equipamentos mudou entre os dois anos. Alguns equipamentos, como Caldeira ATA18 e Moinho Ferraz, mostraram melhorias significativas, enquanto outros, como a Extrusora 01, tiveram uma redução na disponibilidade. É importante, frisar que essas diferenças podem ter causas diferentes como tipo de matéria prima utilizada na operação, falha humana ou falta de manutenção adequada.

Figura 22: Tempo médio entre falhas 2022 vs 2023.



Fonte: O Autor, 2024.

4.4 Análise de mttr (tempo médio para reparo)

De acordo com o tópico 2.5.15 deste trabalho, o MTTR (tempo médio de reparo) é definido como a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção. Em outras palavras, trata-se da medida do tempo médio que uma equipe leva para identificar, diagnosticar e corrigir uma falha.

A seguir, os gráficos **Figura 23** e **Figura 24** apresentam o MTTR de 2022 e 2023 com dados extraídos do sistema de manutenção da Nutrane Nutrição Animal, empresa objeto deste estudo. Esse indicador é muito importante na avaliação de eficácia das equipes de manutenção, para correção de maquinário e recolocar o equipamento em operação.

Figura 23: Tempo médio para reparo 2022.

Fonte: O Autor, 2024.

Nesses gráficos foram selecionados 20 equipamentos com diferentes índices de MTTR (Tempo médio de reparo), para chegar nos valores apresentados foram levantados os números de ordem de serviço de cada máquina e o verificado o tempo de serviço realizado pela manutenção. No Apêndice 1 encontramos as planilhas tratadas com informações coletadas do sistema de gestão da manutenção.

Abaixo está uma análise comparativa dos gráficos:

A. Equipamentos com Redução no MTTR:

- Secador Superior: O tempo de reparo foi significativamente reduzido de 139,4 horas em 2022 para 7,2 horas em 2023.
- Redler 03: Houve uma grande diminuição de 129,0 horas em 2022 para 4,3 horas em 2023.
- Redler 08: Não aparece em 2022, mas em 2023 tem um MTTR de 5,9 horas.

B. Equipamentos com Aumento no MTTR:

- Exaustor 02: Não foi listado em 2022, mas teve um aumento considerável, registrando 79,5 horas em 2023, o maior MTTR desse ano.
- Chaminé Lava Gases 01: Não aparece em 2022, mas registrou um MTTR de 34,3 horas em 2023.
- Elevador de Caneca 10: Aumentou de 20,7 horas em 2022 para 27,8 horas em 2023.

C. Equipamentos Consistentes:

- Esteira 04 e PréCond Inferior 02: Mantiveram um MTTR relativamente baixo em ambos os anos, com pequenas variações.
- Moinho Ferraz: Houve uma leve diminuição no MTTR, de 2,5 horas em 2022 para 2,6 horas em 2023.

Muitos equipamentos apresentaram uma melhora substancial na redução do MTTR em 2023 em comparação a 2022, especialmente aqueles com tempos de reparo elevados, como Secador Superior e o Redler 03. No entanto, novos desafios surgiram em 2023 com o aumento do MTTR em equipamentos como o Exaustor 02 e a Chaminé Lava Gases 01, que não eram problemas destacados em 2022. Essas mudanças refletem tanto nas melhorias da manutenção quanto nas condições de operação e na complexidade de reparo de certos equipamentos.

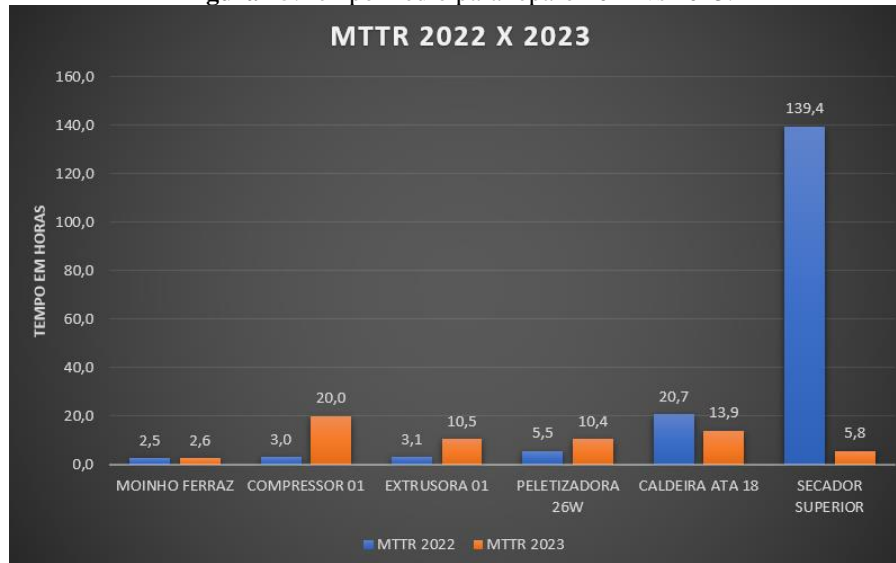
Figura 24: Tempo médio para reparo 2023.



Fonte: O Autor, 2024.

O gráfico (**Figura 25**) comparativo entre os MTTR dos anos de 2022 e 2023 das máquinas de maior criticidade demonstra variações significativas nos tempos de reparo. Embora o objetivo seja comparar desempenho anual, é importante considerar que cada reparo realizado possui suas próprias especificidades, como a disponibilidade de peças de reposição ou a complexidade técnica envolvida. Essas informações são valiosas e podem ser utilizadas para análises futuras, ajudando a identificar tendências e áreas de melhoria nos processos de manutenção.

Figura 25: Tempo médio para reparo 2022 vs 2023.



Fonte: O Autor, 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a estruturar e implementar o Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) em uma planta industrial com mais de 50 anos de operação. Com base no exposto, a aplicação setorial está alcançando sucesso progressivo em seus resultados. O desenvolvimento de cada etapa possibilitou avanços significativos no planejamento e controle de manutenção, abandonando a abordagem anterior, que era reativa e desprovida de programação, para adotar uma abordagem mais proativa e estruturada.

Um dos principais desafios enfrentados pelo planejador de manutenção reside na necessidade de conscientizar os colaboradores sobre a importância do Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) dentro da empresa. Esse entendimento deve ser disseminado desde a diretoria até o chão de fábrica. É evidente que, sem um esforço conjunto, a função PCM enfrentará dificuldades para alcançar resultados significativos, e a empresa corre o risco de perde o investimento realizado nesse processo.

De maneira geral, ao encararmos o Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) como um órgão integrado à empresa, e não como uma função exclusiva da manutenção, podemos afirmar que ele tem a capacidade de gerar resultados positivos para toda a organização.

Um avanço de grande relevância ocorreu com a transição de um controle manual ou reativo para o sistema informatizado de gestão. Essa mudança proporcionou benefícios notáveis, tais como registros detalhados de serviços e operações das máquinas, aprimoramento na eficácia do planejamento e um melhor controle dos indicadores essenciais para gestão estratégica. Embora tenha sido necessário um período de adaptação para compreender plenamente o funcionamento dos sistemas, sua utilização torna-se indispensável para alcançar os objetivos estabelecidos no trabalho.

Ao término do estudo, foi possível realizar uma análise abrangente dos indicadores de desempenho. Conforme discutido no capítulo anterior, foram mensurados indicadores, como MTBF (Tempo médio entre falhas) e MTTR (Tempo médio de reparo), juntamente com a revisão dos históricos de ordens de serviço dos anos de 2022 e 2023. Com base nesses dados, é seguro afirmar que a empresa agora possui ferramentas e informações concretas que podem ser utilizadas para orientar iniciativas de aprimoramento dentro da planta industrial.

Concluindo, é seguro afirmar que a realização de uma manutenção organizada e planejada oferece ganhos significativos para a empresa. No entanto, se conduzida sem planejamento e organização, a empresa corre o risco de enfrentar desafios e eventual fracasso.

Nesse sentido, a importância de adotar abordagens preventivas é inegável, embora muitas empresas relutem devido aos investimentos necessários. Podemos afirmar que, se a manutenção não for percebida como uma função estratégica dentro da empresa, permanecerá sendo vista apenas como geradora de custos, sem agregar valor. Portanto, é essencial que a organização reconheça a manutenção como uma função estratégica, transformando-a de uma gestão corretiva para uma gestão com planejamento e controle eficazes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **DOCUMENTO NACIONAL: Pesquisa da situação da Manutenção e da Gestão de Ativos nas empresas no Brasil.** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2022. 171 p. Disponível em: <https://abramanoficial.org.br/publicacoes/documento-nacional>. Acesso em: 8 jan. 2024.

ASSIS, R. B. de; SANTOS JÚNIOR, B. F. dos; FEITOZA, J. dos S. Planejamento e controle da manutenção. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 8., 2016, São Cristóvão. Anais [...].* São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2016. p. 122-139. Disponível em: <http://simprod.ufs.br/pagina/20298>. Acesso em: 2 jan. 2024.

BERNDSSEN, J. C.; GUELBERT, M.; GUELBERT, T. F.; CARDOSO, O. R.; CORELHANO, A. G. B. Matriz de correlação e priorização de ações, para elevar a qualidade dos serviços prestados pelo setor de manutenção industrial, em empresa do segmento automotivo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Ponta Grossa. Anais [...].* Ponta Grossa: APREPRO, 2013. p. 1-12. Disponível em: <https://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2013/anais/artigos/gestaoproducao/27.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2024.

BUTARELLI, Fernanda Paola. **Estruturação do planejamento e controle da manutenção em uma fábrica de rações.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/3937>. Acesso em: 2 jan. 2024.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção.** 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 220 p. ISBN-13978-8573936803.

CAMPBEL, Hugo Costa. **Orientação para resultados: um estudo aplicado à área de planejamento e controle da manutenção.** 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/52313/52313.PDF>. Acesso em: 3 jan. 2024.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: https://www2.ufjf.br/engenhariadeproducao/wp-content/uploads/sites/322/2014/09/2012_3_Mariana.pdf. Acesso em: 5 jan. 2024.

DUTRA, Jhonata teles. **Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado: Uma metodologia passo a passo para implantação do PCM.** 1. ed. Brasília: Engeteles editora, 2019. 240 p.

MACÊDO, Jorge Alberto Gomes de. **Planejamento e controle da manutenção preventiva como meios para diminuir a manutenção corretiva.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2520>. Acesso em: 2 jan.

2024.

MORO, Norberto. **Introdução À: Gestão da manutenção**. Florianópolis: Centro Federal De Educação Tecnológica de Santa Catarina, 2007. Apostila. Disponível em: <https://norbertocefetsc.pro.br/elm/wp-content/uploads/2024/06/Apostila-Gestao-da-Manutencao-IFSC.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p. ISBN 978-85-7303-898-9.

SANTOS, Elton Ferreira dos. **Planejamento estratégico no segmento de manutenção industrial aplicado em uma fábrica de rações para aves**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/4826>. Acesso em: 3 jan. 2024.

SILVA, Gleiton Eder Sanches da. **Estudo dos indicadores MTBF (tempo médio entre falhas) e MTTR (tempo médio para reparo) aplicado em processos produtivos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/4823/1/Gleiton%20Eder%20Sanches%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2024.

SOEIRO, M. V. A.; OLIVIO, A.; LUCATO, A. V. R. **Gestão da manutenção**. Londrina: Educacional, 2017. 208 p. ISBN 978-85-8482-833-3.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p. ISBN 85-7303-370-3.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p. ISBN 85-86948-04-7.

APÊNDICE A – TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS E REPARO

2 0 2 2	TAG	MTBF	SEMANA TRABALHADA (HR)	DISPONIBILIDADE (por semana)
	PELETIZADORA 26W	185,9	132	1,4
	MOINHO FERRAZ	232,0	132	1,8
	REDLER 08	232,3	132	1,8
	CALDEIRA ATA 18	282,5	132	2,1
	EXTRUSORA 01	289,9	132	2,2
	ELEVADOR DE CANECA 02	386,3	132	2,9
	VÁCUO EXTRUSADO	386,9	132	2,9
	REDLER 03	555,0	132	4,2
	SECADOR INFERIOR	581,1	132	4,4
	REDLER 04	581,3	132	4,4
	PRÉ-COND.INFERIOR	581,5	132	4,4
PENEIRA VIBRATÓRIA 06	581,6	132	4,4	

2 0 2 3	TAG	MTBF	SEMANA TRABALHADA (HR)	DISPONIBILIDADE (por semana)
	EXTRUSORA 01	175,3	132	1,3
	PELETIZADORA 26W	267,5	132	2,0
	MOINHO FERRAZ	452,1	132	3,4
	PENEIRA VIBRATÓRIA 04	620,8	132	4,7
	REDLER 04	621,2	132	4,7
	SECADOR INFERIOR	622,4	132	4,7
	COMPRESSOR 01	754,3	132	5,7
	CALDEIRA ATA 18	819,4	132	6,2
	PENEIRA VIBRATÓRIA 05	977,6	132	7,4
	ELEVADOR DE CANECA 13	978,4	132	7,4
	PENEIRA VIBRATÓRIA 07	978,5	132	7,4
TANQUE DE MELAÇO	979,0	132	7,4	

2 0 2 2	TAG	MÁQUINA	MTTR	HR TRABALHADO	TOTAL O.S.
	I.PR02	PRÉ COND INFERIOR 02	2,3	4,50	2
	I.PEN06	PENEIRA VIBRATÓRIA 06	2,4	4,80	2
	I.MOIN03	MOINHO FERRAZ	2,5	15,08	6
	I.EL13	ELEVADOR DE CANECA	2,8	2,83	1
	I.COMP01	COMPRESSOR 01	3,0	6,00	2
	I.EXTR01	EXTRUSORA 01	3,1	12,27	4
	I.REDL04	REDLER04	3,3	6,67	2
	I.PEN05	PENEIRA VIBRATÓRIA 05	4,0	4,00	1
	I.ESTE04	ESTEIRA 04	4,3	4,33	1
	I.REDL07	REDLER 07	4,5	4,50	1
	I.REDL02	REDLER 02	5,4	10,80	2
	I.PELE01	PELETIZADORA 26W	5,5	38,28	7
	I.QUEB01	QUEBRA MILHO	7,5	15,00	2
	I.RESF01	COLUNA RESFRIADORA 01	9,0	9,00	1
	I.EL02	ELEVADOR DE CANECA 02	9,3	27,83	3
	I.PISC01	PISCINA FARELO TRIGO	18,3	18,33	1
	I.EL10	ELEVADOR DE CANECA 10	19,3	38,67	2
	I.CALD01	CALDEIRA ATA 18	20,7	62,15	3
	I.REDL03	REDLER 03	129,0	258,00	2
I.SEC01	SECADOR SUPERIOR	139,4	139,40	1	

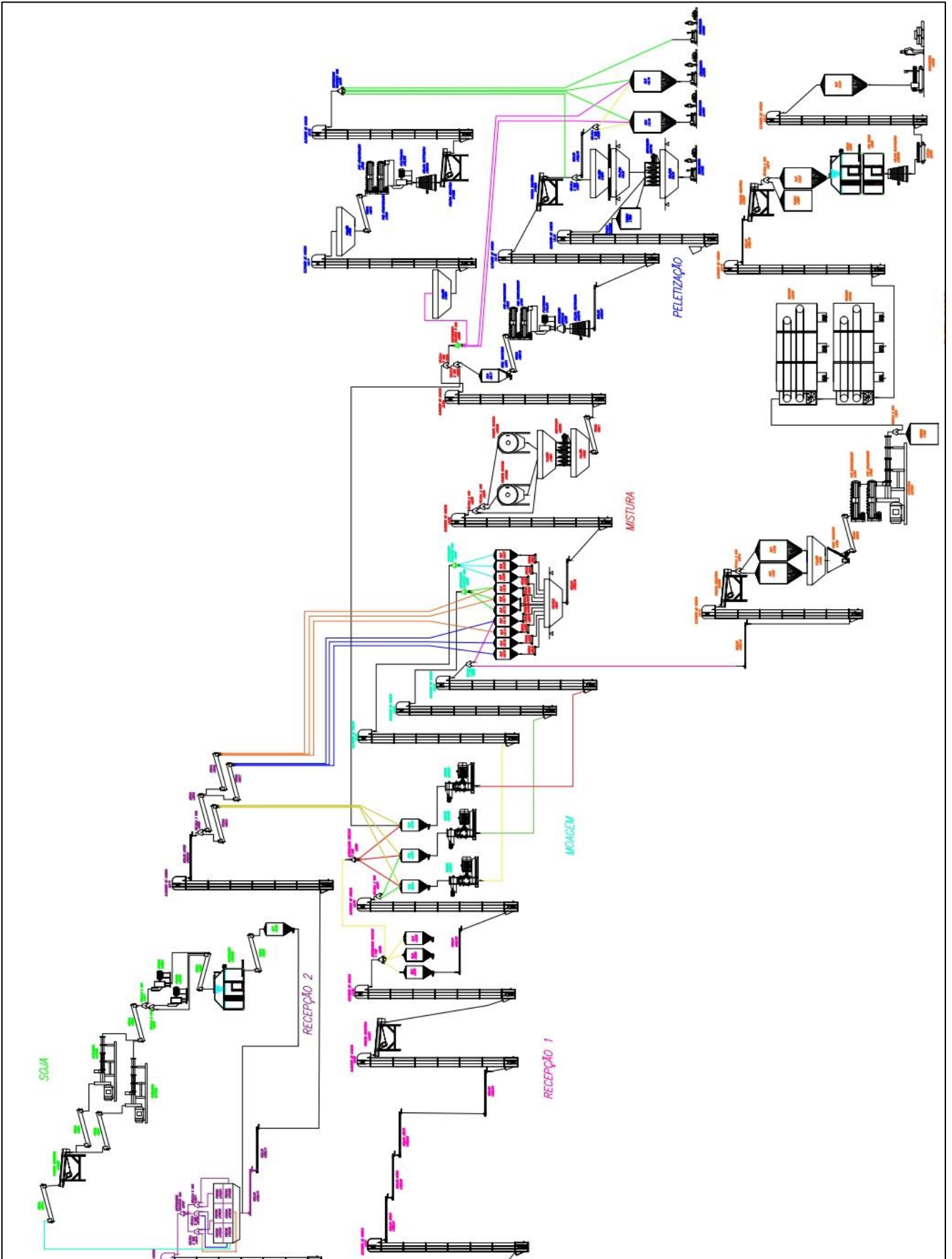
2 0 2 3	TAG	MÁQUINA	MTTR	HR TRABALHADA	TOTAL O.S.
	I.ESTE04	ESTEIRA 04	2,2	4,33	2
	I.PR01	PRÉCOND SUPERIOR 01	2,3	4,50	2
	I.MOIN03	MOINHO FERRAZ	2,6	38,97	15
	I.PR02	PRÉ COND INFERIOR 02	2,8	11,33	4
	I.REDL03	REDLER 03	3,1	9,33	3
	I.EL13	ELEVADOR DE CANECA 13	4,3	30,33	7
	I.REDL09	REDLER 09	4,9	19,50	4
	I.SEC01	SECADOR SUPERIOR	5,8	23,00	4
	I.MIST01	MISTURADOR 01	5,9	23,48	4
	I.EL14	ELEVADOR DE CANECA 14	6,2	24,83	4
	I.EL01	ELEVADOR DE CANECA 01	8,0	8,00	1
	I.PEN06	PENEIRA VIBRATÓRIA 06	10,4	41,50	4
	I.PELE01	PELETIZADORA 26W	10,4	261,12	25
	I.EXTR01	EXTRUSORA 01	10,5	398,45	38
	I.CALD01	CALDEIRA ATA 18	13,9	125,50	9
	I.COMP01	COMPRESSOR 01	20,0	180,17	9
	I.REDL11	REDLER 11	21,1	147,90	7
	I.EL10	ELEVADOR DE CANECA 10	27,8	139,00	5
	I.CHAM01	CHAMINÉ LAVA GASES 01	34,3	34,33	1
I.EXAU02	EXAUSTOR 02	79,5	79,50	1	

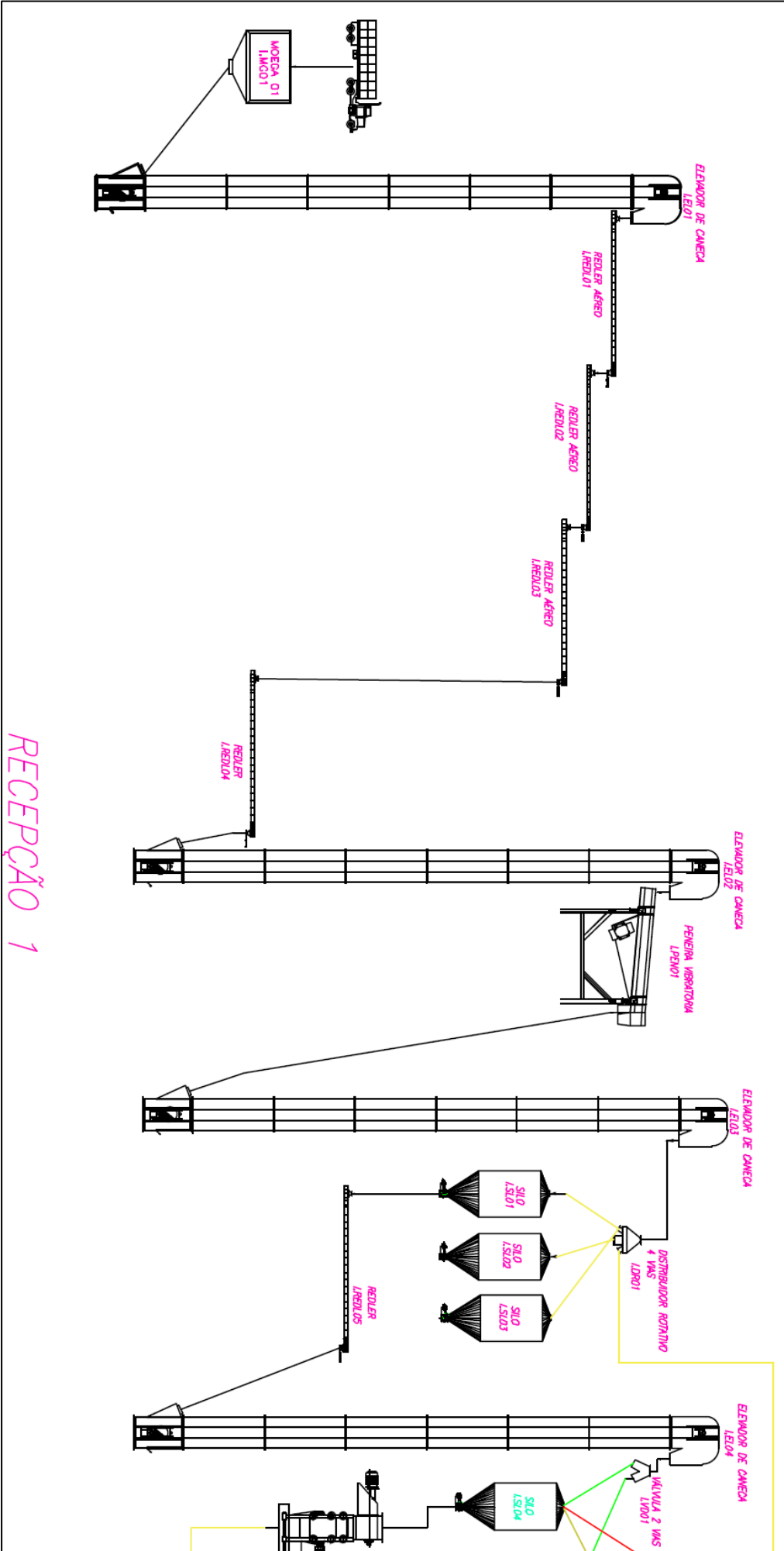
APÊNDICE B – TIPO DE MANUTENÇÃO X QUANTIDADE DE O.S

Tipo de Manutenção	Quantidade de O.S 2022
CALIBRAÇÃO	0
CORRETIVA	90
INSPEÇÃO	0
LUBRIFICAÇÃO	3
PREDITIVA	1
PREVENTIVA	1
MELHORIA	1
RETRABALHO	1
TOTAL DE O.S	97

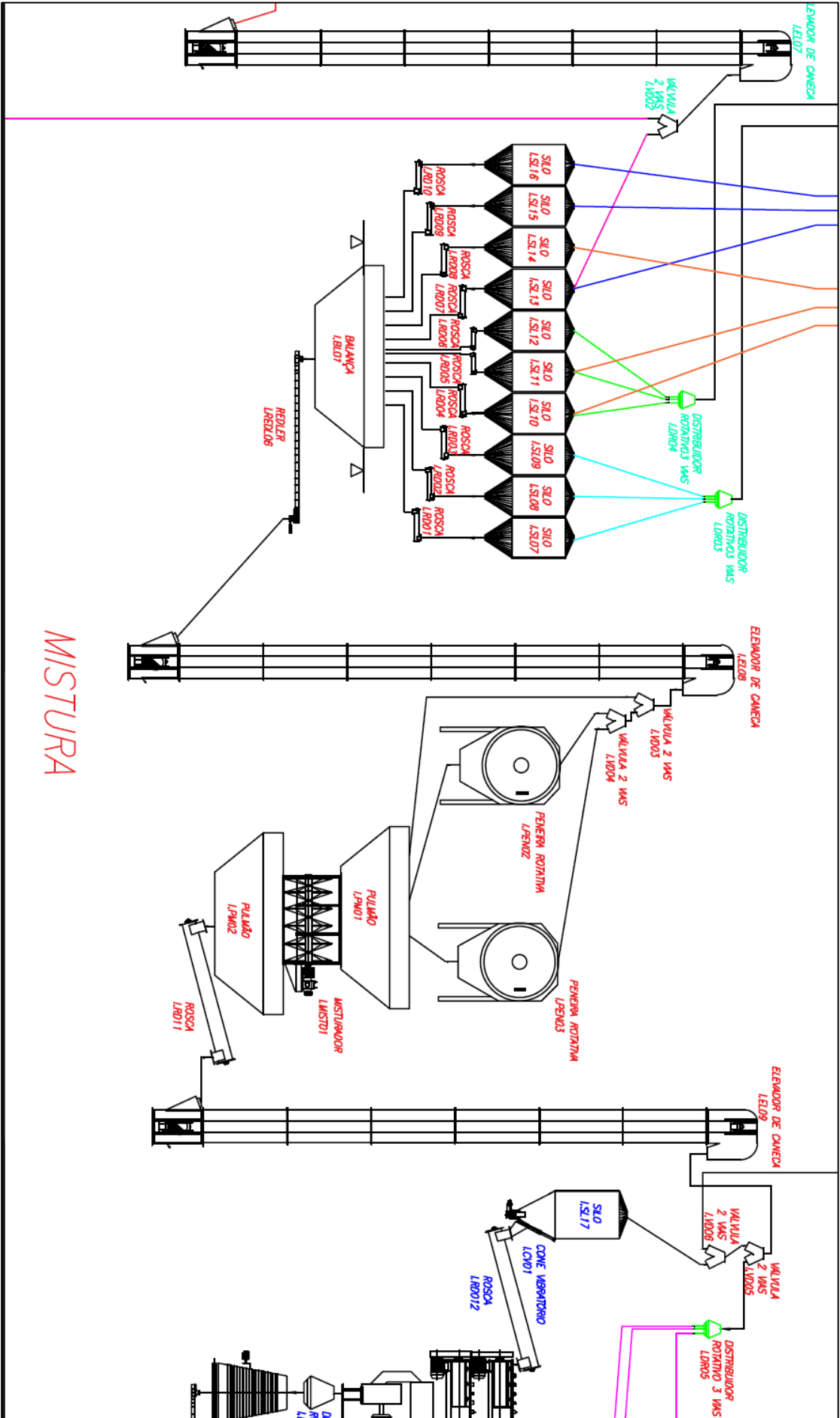
Tipo de Manutenção	Quantidade de O.S 2023
CALIBRAÇÃO	12
CORRETIVA	412
INSPEÇÃO	3
LUBRIFICAÇÃO	138
PREDITIVA	4
PREVENTIVA	35
MELHORIA	75
RETRABALHO	3
TOTAL DE O.S	682

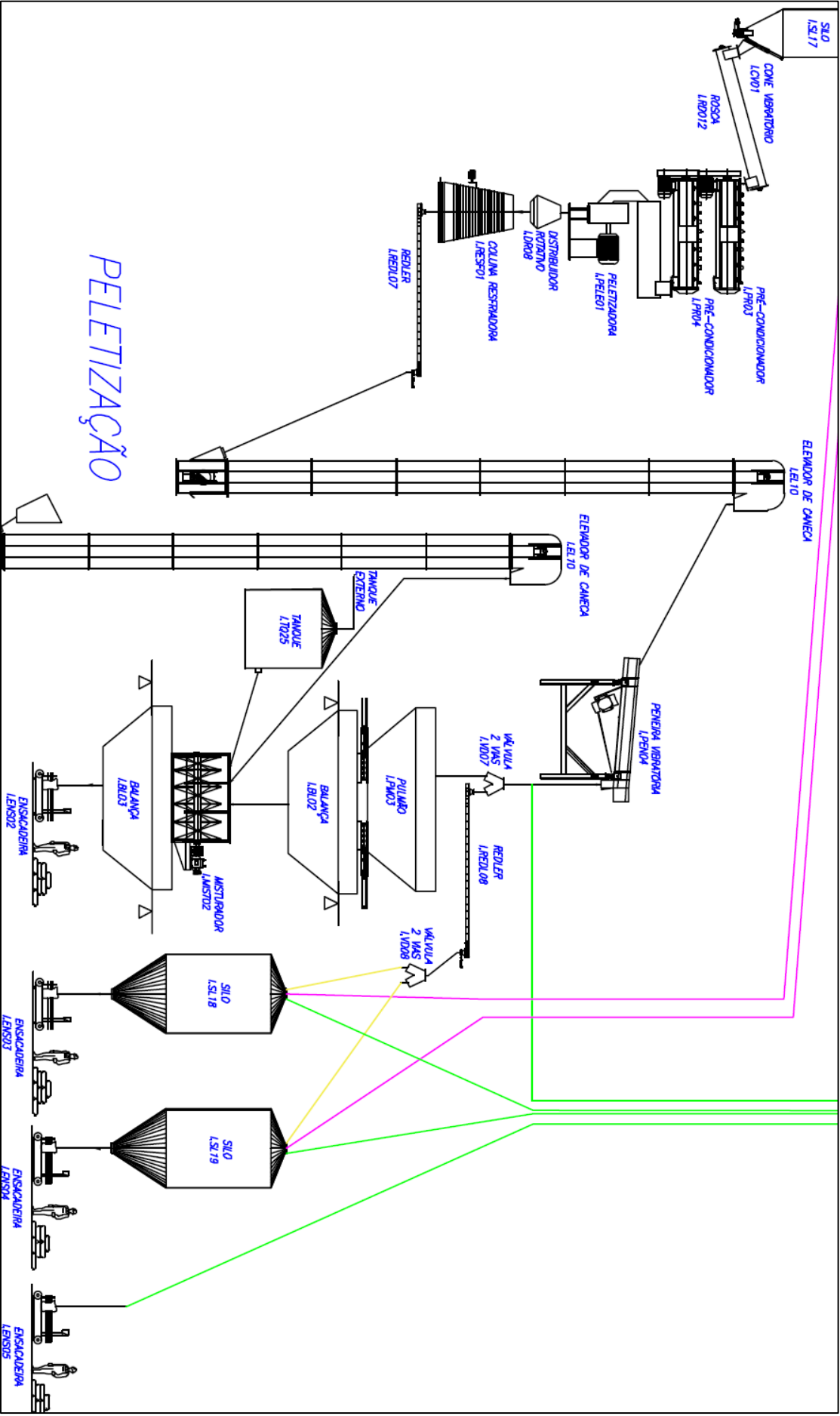
ANEXO A – FLUXOGRAMA ESTRUTURAL NUTRANE

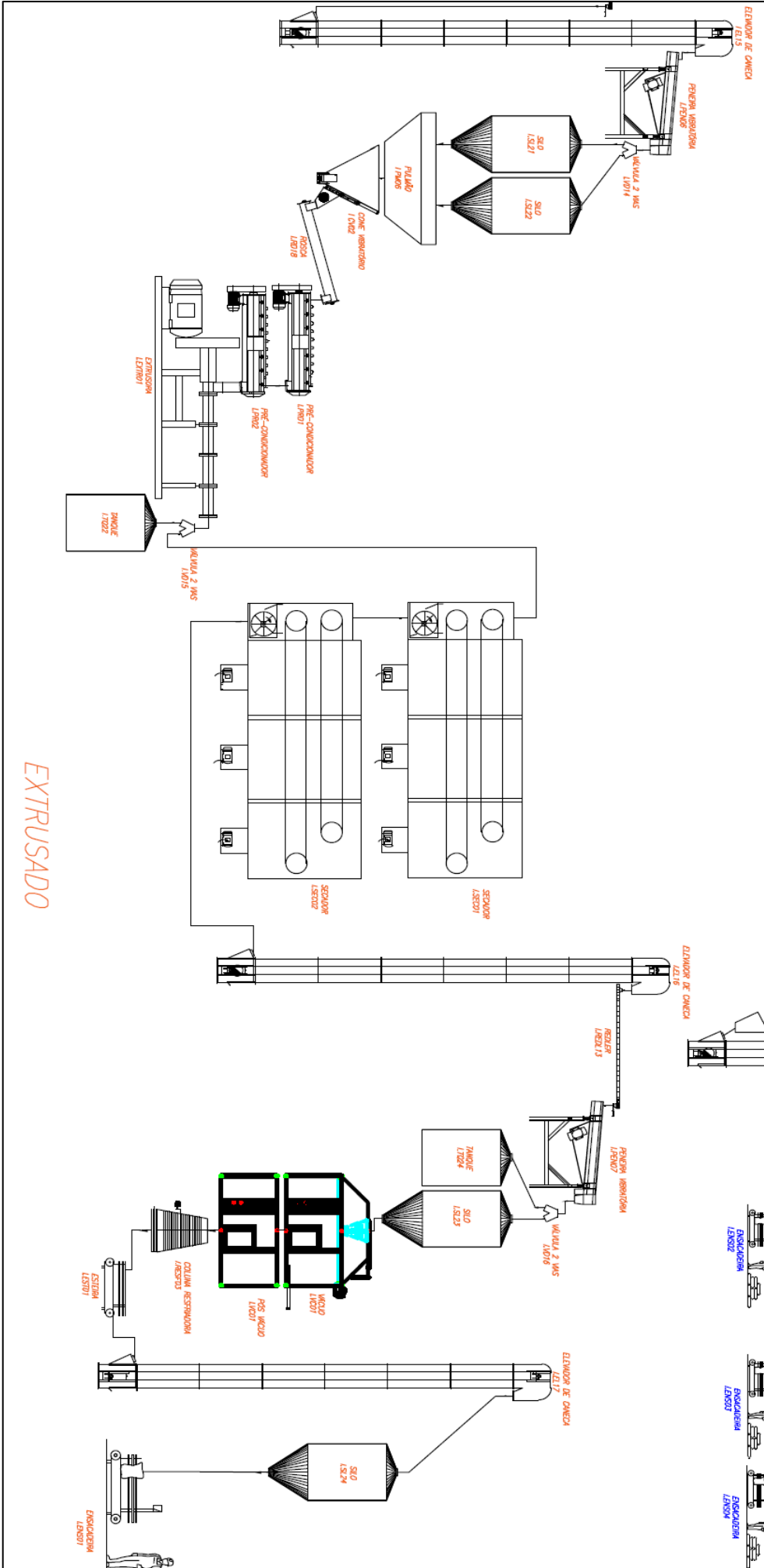


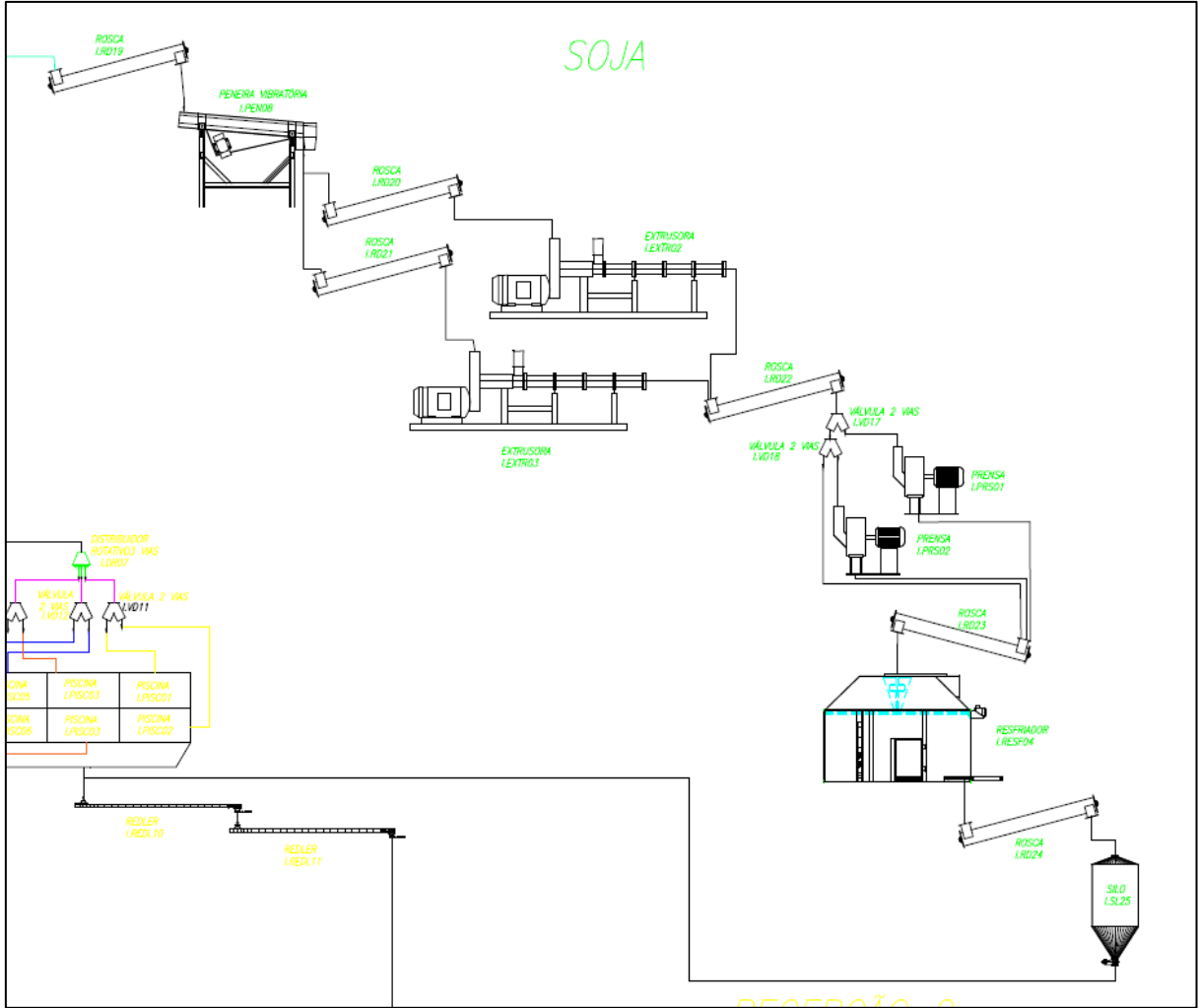


RECEPÇÃO 1









RESFRADOR

ANEXO B – EXEMPLO DE ORDEM DE SERVIÇO

	REQUISIÇÃO DE SERVIÇO		Nº			
Divisão	Sub-Divisão	Máquina:				
Conjunto:	Equipamento:	Equipamento: () PARADO () ALERTA () OPERANDO				
Data e hora abertura:		Data e hora recebimento: ____ / ____ / ____ : ____				
Solicitante:						
Descrição do Problema:						
DEFEITO 001 - MECÂNICO () 002 - ELÉTRICO () 003 - OPERACIONAL () 004 - OUTROS ()	CAUSA MECÂNICA 001 - LUBRIFICAÇÃO () 002 - DESALINHAMENTO () 003 - VIBRAÇÃO () 004 - SUPERAQUECIMENTO () 005 - DESREGULADO () 006 - DESGASTADO () 007 - DESCALIBRADO () 008 - VAZAMENTO () 009 - OUTROS ()	CAUSA ELÉTRICA 010 - CURTO CIRCUITO () 011 - QUEDA DE ENERGIA () 004 - SUPERAQUECIMENTO () 012 - UMIDADE () 013 - SEM SINAL () 014 - SOBRECARGA () 009 - OUTROS ()	CAUSA OPERACIONAL 015 - EMBUCHAMENTO () 005 - DESREGULADO () 016 - ENCRUSTAÇÃO () 017 - ENTUPIMENTO () 008 - VAZAMENTO () 009 - OUTROS ()			
DATA	HORA		EXECUTANTE	SERVIÇO EXECUTADO	MAQ PARADA	TEMPO PARADA
	INÍCIO	FIM				
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
					<input type="checkbox"/> SIM	
CONCLUSÃO						
Serviço Liberado			Data Liberação		Hora Liberação	
QTDE.	UNID	MATERIAL CONSUMIDO	Nº REQUISIÇÃO	CÓDIGO		
Visto Almojarifado:						
MOTIVO DE O.S MANUAL						
Visto Operador:						
ASSINATURA RESPONSÁVEIS						
_____ Solicitante Responsável			_____ Garantia Qualidade		_____ Supervisor Manutenção	

<u>INFORME O NOME DA EMPRESA</u>			Página:1 Data/Hora: 05/12/2023 17:24:30 Documento Nº: 193
DADOS DA OS: 147			
Abertura RS 09/01/2023 15:30:00	Abertura OS 18/01/2023 13:26:00	Data Term. Programado 18/01/2023 13:26:00	2 - EM ANDAMENTO AS 18/01/2023 13:26:00
Tipo de Os: 3-MANUTENCAO CORRETIVA EMERGENCIAL		Afeta Produção: [REDACTED]	
C. de Custo: 03-NUTRANE CARPINA		Área: MANUTENÇÃO PREDIAL	
Sector: ADM-ADMINISTRAÇÃO CARPINA		Solicitante: 21 - MATHEUS VICTOR REGO DE SOUZA , MATHEUS VICTOR REGO	
Sub-Divisão: -			
Máquina: I.WCVT01-BANHEIRO VESTIÁRIO			
Equipamen: -			
Executante:			
Descric. OS: OS gerada a partir da RS: 193 miquitório com defeito...			
Horas trabalhadas - (DO)			
Funcionário:	Valor hora	Início:	Fim:
RENATO BARBOSA DA SILVA	R\$ 0,00	09/01/2023 15:40	09/01/2023 16:10
Serv. Exec.: REPARO NO MICTÓRIO.			
EVERALDO ARCANJO DE FARIAS	R\$ 0,00	09/01/2023 15:40	09/01/2023 16:10
Serv. Exec.: REPARO NO MICTÓRIO.			
CUSTO DE M.O. POR HORAS TRABALHADAS:	R\$ 0,00	TOTAL TRABALHADO:	01:00
Resumo da conclusão - (CHECK/ACTION)			
A Ação imediata eliminou o defeito? Sim			
Avaliação OS'S BOM			
Parada Máquina: 00:40		0	
Data de Conclusão: 09/01/2023		Horímetro Execução OS: 0	
Funcionário Inspetor: 21 - MATHEUS VICTOR REGO DE SOUZA		Hora Lib de máquina: 16:10	
CUSTO DE M.O. POR SERVIÇOS R\$ 0,00		TOTAL GERAL DA OS: R\$ 0,00	
Descrição do Serviço Executado(CHECK):			
REPARO NO MICTÓRIO.			
Descrição da Ação a ser tomada(ACTION):			
Análise de Quebra			
DEFEITO: -			
CAUSA: -			
SOLUCAO: -			

ANEXO C – EXEMPLO DE FICHA CADASTRAL.

INFORME O NOME		Página:1
Ficha Cadastral		
<u>Máquina : I.CALD01 - CADEIRA ATA 18</u>		
Status: Ativada		
Patrimônio:	Chave: Sim	
Tipo Máquina:	MAQUINA	
Família:	-	
Sub-divisão:	-	
Divisão:	CALD - CALDEIRAS	
Centro custo:	03 - NUTRANE CARPINA	
Número de série:	4023	
Fabricante:	TECOREL	
Ano Fabricação:	1976	
Patrimônio/Local:		
Modelo:	H-3	IP
Tipo:		
Capacidade:	3300 Kg/h	
Observação	Tipo ATA 18 Modelo H – 3 Ano de Fab.01/76 Sup. vap.100m ² Prod. Vapor3300 Kg/h P.M.T.A10,55 Kgf/cm ² Teste Hidros.15,82 Kgf/cm ² N° Ordem4023 Categoria8 Cód. Projeto ASME 1	
Árvore Industrial		
Máquina:	I.CALD01 - CADEIRA ATA 18 // Qtde de OS corretiva:11	
	Conjunto:	
	I.CALD01-MANO01: MANOMETRO // Qtde de OS corretiva:0	
	Peças:	
	I.CALD01-PRES01: PRESSOSTATO // Qtde de OS corretiva:0	
	Peças:	
	I.CALD01-VALS01: VÁLVULA SEGURANÇA 1 // Qtde de OS corretiva:0	
	Peças:	
	I.CALD01-VALS02: VÁLVULA DE SEGURANÇA 2 // Qtde de OS corretiva:0	
	Peças:	
	I.EXTR01-MAVC01: MANÔMETRO VAPOR DA CALDEIRA // Qtde de OS corretiva:0	
	Peças:	