

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL – CPTL

CLARA DE LIMA PANSANI

**ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TPM EM CENTRÍFUGAS
DE AÇÚCAR: UM ESTUDO DE CASO EM UMA USINA EAB**

TRÊS LAGOAS – MS

2025

CLARA DE LIMA PANSANI

**ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TPM EM CENTRÍFUGAS
DE AÇÚCAR: UM ESTUDO DE CASO EM UMA USINA EAB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador (a): Prof. Dra. Elizangela Veloso
Saes

TRÊS LAGOAS – MS
2025

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Emerson e Fabiane, que abraçaram meu sonho, deram o que nunca tiveram, e que sob muito sol, me fizeram chegar aqui pela sombra.

Ainda, dedico-o à minha irmã, Laura, e ao meu amor, Lucca, que foram respiro, lugar firme para ancorar minhas paixões e temores.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Elizangela, que me apoiou, dedicou seu tempo e todo o seu conhecimento, para a realização desse trabalho, e

A todos meus professores que contribuíram para a minha formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma usina sucroalcooleira, mais especificamente na fábrica de açúcar. Tem como objetivo de analisar os ganhos operacionais decorrentes da implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM). A pesquisa buscou verificar o aumento das ordens de manutenção preventiva em comparação às ordens emergenciais, bem como identificar a redução dos custos operacionais e propor melhorias no registro de disponibilidade das centrífugas. Para a análise, foram utilizadas ferramentas da qualidade como o Diagrama de Pareto, Gráfico de Dispersão, Brainstorming, 5W2H e Folha de Checagem, que possibilitaram a organização e interpretação dos dados. Os resultados demonstraram um aumento de aproximadamente 345% nas manutenções preventivas, aliado a uma redução de 60% nas ordens emergenciais. Além disso, foi proposta uma lista de checagem que contribui para o controle da disponibilidade das centrífugas e pode ser utilizada como justificativa técnica quando a meta diária de produção de açúcar não for alcançada.

Palavras-chave: TPM; centrífugas; disponibilidade; manutenção; ordens.

ABSTRACT

This study presents a case study conducted at a sugar-energy mill, specifically in the sugar production plant. The objective is to analyze the operational gains resulting from the implementation of Total Productive Maintenance (TPM). The research sought to verify the increase in preventive maintenance orders compared to emergency orders, identify the reduction in operational costs, and propose improvements in the availability records of the centrifuges. Quality tools such as the Pareto Diagram, Scatter Plot, Brainstorming, 5W2H, and Check Sheet were used to organize and interpret the data. The results showed an approximate 345% increase in preventive maintenance, along with a 60% reduction in emergency orders. Additionally, a checklist was proposed to help monitor centrifuge availability and serve as a technical justification when the daily sugar production target is not met.

Keywords: TPM; centrifuges; availability; maintenance; orders.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT.....	6
1 Introdução	8
2 Referencial Teórico.....	9
2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	9
2.2 FERRAMENTA DE APOIO À ANÁLISE DA TPM.....	12
2.3 FERRAMENTAS DE APOIO À ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA	13
3 Método Aplicado.....	13
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	14
3.2 PROCEDIMENTOS	14
4 Resultados	16
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DOS PROCESSOS	16
4.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO.....	17
4.3 ANÁLISE DE GANHOS COM O TPM	19
4.4 PROPOSTA DE MELHORIA.....	22
5 Conclusão.....	24
REFERÊNCIAS.....	26
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA.....	28

1 INTRODUÇÃO

Na era da competitividade, as mudanças no ambiente empresarial têm sido marcadas por uma concorrência acirrada no lado da oferta e por uma crescente volatilidade nas demandas do lado dos clientes (Gomes *et al.*, 2006). Nesse cenário, a busca por estratégias que promovam eficiência e vantagem competitiva tornou-se essencial para a sustentabilidade das organizações. Uma dessas estratégias é a Manutenção Produtiva Total (TPM, do inglês *Total Productive Maintenance*), filosofia de trabalho que se consolida como um pilar fundamental para a manutenção da produtividade nas empresas (Fleming, França, 1997). Essa filosofia destaca-se pelo envolvimento de todos os colaboradores, promovendo a eficácia em suas ações e alinhando-as aos objetivos da organização.

De acordo com Lampkowski, Masson e Carrijo (2006), a adoção da TPM tem se expandido globalmente, motivada pelos resultados expressivos alcançados por indústrias japonesas no século XX. Esses casos de sucesso impulsionaram o crescimento do número de empresas que implantam a filosofia, visando progresso econômico e melhor desempenho operacional.

Segundo a Abraman (2023), o sucesso da implantação da TPM está diretamente relacionado ao comprometimento, a disponibilidade operacional e o desempenho econômico. Além disso, aliado ao processo de gestão se faz necessária a antecipação, a confiabilidade e a mitigação de riscos dos equipamentos envolvidos, questões estas que são tratadas por meio dos três tipos de manutenção: manutenção corretiva, preventiva e preditiva (Slack *et al.*, 2018).

De acordo com Nakajima (1989), as ações realizadas pela TPM visam elevar a eficiência dos equipamentos, buscando os padrões absolutos zero falhas, zero defeitos e zero acidentes, através de uma abordagem colaborativa que envolve todos os níveis da organização, desde a alta direção até os operadores, promovendo assim, uma cultura pautada na melhoria contínua e na autonomia na gestão dos ativos.

Ainda concernente aos resultados dos programas TPM, a literatura observa a maximização da eficiência global dos equipamentos, eliminação de falhas e desperdícios, gestão de custos e economia, no entanto, questões sobre redução no uso de manutenção corretiva devem ser melhor investigadas.

Esse aprofundamento se faz necessário na aplicação da TPM nas mais diferentes atividades industriais, em especial em atividades industriais que utilizam ativos críticos: aqueles que têm maior impacto na geração de valor e são essenciais pois sua falha ou ausência

pode gerar consequências significativas (Zampolli *et al.*, 2019). Quando se trata do mercado sucroalcooleiro e sucroenergético, a TPM se mostra ainda mais relevante, dado o elevado nível de ativos críticos, a citar as centrífugas, equipamentos fundamentais para assegurar a continuidade e a eficiência do processo produtivo de açúcar. Pontua-se que Falhas nesse tipo de equipamento podem acarretar paradas prolongadas e impactos significativos nos volumes de produção de açúcar e etanol. Assim, os pilares de manutenção planejada e autônoma são especialmente cruciais para garantir a integridade e o desempenho desses ativos (Rodrigues, 2018).

Neste contexto, apresenta-se o presente estudo que busca analisar os reais ganhos operacionais da implantação da TPM em uma empresa produtora de Etanol, Açúcar e Bioenergia (EAB) na região sudoeste Paulista, que implementa a TPM desde o ano safra 22'23. Essa pesquisa, ainda, busca verificar se o número de ordem de manutenção preventiva aumentou em detrimento do número de ordens emergenciais, bem como analisar se houve a diminuição dos custos operacionais e apresentar uma proposta de melhoria em relação ao registro de disponibilidade das centrífugas por meio do 5W2H.

Para o alcance desses objetivos foi realizado uma pesquisa, a qual está estruturada em cinco seções: introdução, que apresenta o tema e os objetivos do estudo; o referencial teórico, que fundamenta a pesquisa por meio de uma revisão bibliográfica; a metodologia, que detalha os procedimentos adotados para garantir replicabilidade e validação; os resultados, em que serão apresentados os dados que respondem às questões de pesquisa e avaliam os objetivos propostos e a conclusão, em que serão confrontados os resultados alcançados em relação aos objetivos propostos inicialmente e serão feitas as considerações finais da pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção, será apresentado a conceitualização da manutenção produtiva total, tema de estudo da atual pesquisa. Além disso, são descritas as ferramentas de apoio utilizadas para análise da implantação, bem como para sua futura proposta de melhoria.

2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Segundo Monchy (1989), o termo "manutenção" tem sua origem na palavra militar, cujo sentido expressa "manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante". Nesse viés, a Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma filosofia eficaz, utilizada

para minimizar o tempo de inatividade de máquinas, perdas de produção e desperdícios, além de maximizar a eficiência de trabalho e a produtividade de funcionários e equipamentos (Jain *et al.*, 2014).

Para Nakajima (1988), este considerado o "pai da TPM", os conceitos que levaram ao desenvolvimento da TPM foram explorados, inicialmente, na década de 1950, com a manutenção produtiva se tornando bem estabelecida na década de 1960, influenciada pela manutenção preventiva dos EUA e pelo Controle da Qualidade (TQC - Total Quality Control). De acordo com Robinson e Ginder (1995) o termo “Manutenção Produtiva Total” foi utilizado pela primeira vez no final dos anos 60 pela empresa Nippondenso, fornecedora de sistemas de ignição e componentes eletrônicos da Toyota. O desenvolvimento da TPM foi, formalmente, iniciado no Japão em 1970. Com os bons resultados da implantação dessa filosofia na Nippon Denso, a metodologia foi adotada em outras empresas do Sistema Toyota de Produção (TPS) e depois disseminada globalmente pelo Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM).

No contexto brasileiro, a difusão da TPM ocorreu de forma gradual, tendo início a partir da década de 1990, sendo impulsionada pela abertura econômica e pela intensificação da competitividade global, forçando as indústrias a buscarem por métodos que otimizassem seus processos produtivos. O setor sucroenergético destacou-se como um dos pioneiros na adoção dessa filosofia, em razão da necessidade de reduzir paradas não programadas, minimizar desperdícios e aprimorar a utilização dos recursos produtivos. Contudo, a TPM não se restringe à manutenção dos equipamentos, essa contribuiu, também, para a modernização dos processos industriais e para transformação da cultura organizacional, enfatizando a importância da capacitação e do envolvimento de todos os níveis hierárquicos (Junior; Silva, 2010).

A filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM) é estruturada com base em oito pilares, interdependentes, conforme proposto por Nakajima (1988). Em conformidade com Lampkowski *et al.* (2006), cada um desses pilares possui uma metodologia própria e deve ser implementado de forma sequencial:

- a) Melhorias Específicas: consiste em um sistema que visa erradicar as oito grandes perdas que reduzem o OEE (Overall Equipment Effectiveness) sendo elas as perdas por falhas em equipamentos; por setups e ajustes; por troca de ferramentas de corte; por acionamento; por pequenas paradas e pequenos períodos de ociosidade; por velocidade (nominal e real); por defeitos e retrabalhos; perdas por desligamento (Filho, 2010).
- b) Manutenção Autônoma: pode ser entendida como manutenção realizada pelos operadores, envolvendo atividades básicas de limpeza, lubrificação e inspeção, ideia corroborada por Slack (2002) em que explica que realizar manutenção autônoma é

permitir que os operadores dos equipamentos da produção assumam a responsabilidade por tarefas de manutenção em três níveis: conserto, prevenção e melhoria.

- c) Manutenção Planejada: segundo De Paula, *et al* (2010), para a implementação da manutenção planejada como pilar da TPM, devem ser seguidas etapas de avaliação do equipamento e levantamento da situação atual; reparo das deteriorações e melhorias dos pontos deficientes; estruturação do controle de informações e de dados; estruturação da manutenção preventiva e estrutura de manutenção preditiva.
- d) Controle Inicial de Equipamentos: consiste em consolidar a sistemática de identificação de falhas e implementação de melhorias, especialmente em máquinas novas, aplicando os conceitos de Manutenção Preventiva (PM) no desenvolvimento de projetos, visando equipamentos com zero falhas (De Paula, *et al*, 2010).
- e) Manutenção da Qualidade: a manutenção da qualidade visa assegurar produtos conformes, prevenindo defeitos por meio do controle dos processos e equipamentos. A qualidade é influenciada por quatro fatores principais: equipamentos, materiais, mão de obra e métodos. Portanto, equipamentos em condições ideais garantem a qualidade dos produtos finais (Suzuki, 1994).
- f) Educação e Treinamento: Bormio (2002) sugere que este pilar da TPM tem como objetivo desenvolver novas habilidades e conhecimentos para operadores da produção e equipe de manutenção a fim de capacitá-los. Em complemento, tem-se que a maioria das implantações de sucesso do programa teve como principal impulsionador um gerente de treinamento (Slack, 2002).
- g) Segurança e Meio Ambiente: a SSMA (saúde, segurança e meio ambiente), como pilar da TPM, objetiva garantir que as atividades dos demais pilares contemplem os aspectos de segurança operacional, segurança do trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente (Ribeiro, 2016).
- h) TPM nos Departamentos Administrativos: estende os conceitos da TPM às áreas administrativas que tem relação, direta e indireta, com as áreas produtivas, focando na eliminação de desperdícios e aumento da eficiência dos processos de suporte (Ribeiro, 2016).

Para Nakajima (1998) esses pilares têm como objetivo não apenas garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, mas também promover um ambiente de trabalho mais seguro, eficiente e participativo. Essa abordagem em etapas, feita de forma sequencial, é fundamental para que a organização possa alcançar os benefícios diretos e indiretos proporcionados pela filosofia TPM (Lampkowski *et al.*, 2006).

É exposto por Jain *et al.* (2014), os benefícios, diretos e indiretos, que uma empresa pode alcançar seguindo, corretamente, as etapas da TPM. Os benefícios diretos da implementação da TPM incluem: aumento da produtividade e da eficiência geral da planta em até duas vezes; redução dos custos de fabricação em aproximadamente 30%; diminuição da ocorrência de acidentes; resolução de reclamações de clientes; maior capacidade de atendimento às necessidades dos clientes; adoção de medidas eficazes de controle de poluição; melhoria na qualidade dos produtos; e aumento da consistência nos processos produtivos. Já os benefícios indiretos envolvem: elevação do nível de confiança entre os colaboradores; desenvolvimento do senso de pertencimento e responsabilidade dos trabalhadores em relação às máquinas; manutenção de um ambiente de trabalho limpo, organizado e visualmente agradável; mudança de postura dos operadores em favor da empresa; compartilhamento de conhecimentos e experiências entre os funcionários; fortalecimento do trabalho em equipe para o alcance dos objetivos organizacionais; e disseminação horizontal do conceito de TPM em todos os setores da organização.

2.2 FERRAMENTA DE APOIO À ANÁLISE DA TPM

Além dos pilares que sustentam a TPM, existem perdas produtivas que devem ser eliminadas para garantir a eficiência do sistema (Teles *et al.*, 2023). De acordo com Almeida (2016), essas inconsistências são classificadas em seis grandes perdas: Paradas Inesperadas; Tempo Excessivo na troca de Ferramentas e Preparação; Esperas Causadas por Atrasos as Máquinas da Linha de Produção; Redução da Velocidade de Produção em Relação ao Padrão Ideal; Geração de Produtos Defeituosos e Quedas no Rendimento Operacional. Nesse cenário, a TPM integra diversas ferramentas da qualidade que, quando aplicadas de forma integrada, dão apoio à análise de resultados. Dentre elas, esse estudo fez o uso do Diagrama de Pareto.

2.2.1 Diagrama de Pareto

Paladini (2012) explica que o Diagrama ou Gráfico de Pareto é uma ferramenta, de representação gráfica, que permite elencar, em ordem decrescente, os problemas encontrados conforme o grau de importância da contribuição de cada um deles para o processo global.

O diagrama parte do princípio que dentre todas as causas, poucas são as responsáveis pelos problemas existentes, então ao identificar as causas cruciais, é possível que, através de poucos planos de ações, a maioria das perdas sejam eliminadas (Carpinetti, 2012).

2.3 FERRAMENTAS DE APOIO À ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

2.3.1 *Brainstorming*

Michaelis (2009) define *Brainstorming* como procedimento utilizado para solucionar problemas por meio de diversas ideias. À essa ideia central, Oliveira (2014) incorpora a ideia de ser um processo desenvolvido em grupo, em que a geração de ideias ocorre de maneira espontânea e em um menor tempo possível. Seguindo esse raciocínio, pode-se considerar essa prática uma maneira de estimular a criatividade dos participantes, promovendo um ambiente colaborativo e livre de julgamentos, uma vez que toda sugestão em potencial é considerada.

2.3.2 5W2H

Barros *et al.* (2017) explica o 5W2H como ferramenta metodológica utilizada no planejamento, execução e controle de tarefas. Esse plano responde a sete questões essenciais, que levam a origem de seu nome: What? (O quê?); Why? (Por quê?); When? (Quando?); Where? (Onde?); Who? (Quem?); How? (Como?) e How Much? (Quanto custa?). Essas questões podem ser interpretadas para definir-se as atividades a serem executadas, suas justificativas e para quando elas serão programadas, bem como em que setor ocorrerá, quem serão os responsáveis, como será feito e os custos associadas a tratativa em questão.

2.3.3 Folha de Checagem

Paladini (2012) afirma que folhas de checagem consistem em um mecanismo flexível que permite visualizar e controlar o processo. Estas são projetadas de acordo com sua finalidade e utilização conforme o tipo de processo.

Após definir a finalidade a que se destinam, é possível obter dados concretos e precisos, viabilizando a observação das problemáticas mais frequentes dentro do processo e auxiliando nas tratativas direcionadas às suas causas (Souza *et al.*, 2021).

3 MÉTODO APLICADO

A pesquisa científica pode ser entendida como a aplicação sistemática de processos metodológicos utilizados e sequenciados pelo pesquisador com o objetivo de desenvolver um estudo que irá contribuir para geração de conhecimento, seja ele de natureza teórica ou prática (Flick, 2013). De acordo com Gil (2019), a pesquisa científica é caracterizada por quatro critérios principais: o propósito da investigação, a natureza dos resultados, a abordagem adotada e os procedimentos técnicos empregados.

A atual pesquisa retrata um estudo de caso, que consiste em uma modalidade de pesquisa empírica, que investiga um fenômeno dentro de seu contexto atual, sobretudo quando não está claro o limite entre os fenômenos e o contexto em que estão inseridos (Ganga, 2011). Suas características são apresentadas e explicadas a seguir.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Diante de inúmeras abordagens classificatórias dos propósitos de pesquisa na literatura, o presente estudo é considerado avaliativo, em que traz a correlação dos presumidos vínculos causais nas intervenções da vida real, focando na decisão. A pesquisa caracterizada pelo propósito de avaliação, busca examinar a eficiência ou eficácia de uma prática ou programa específico (Ganga, 2011).

Quanto a natureza dos resultados, essa pesquisa é aplicada, uma vez que pesquisas dessa natureza buscam entregar um conhecimento orientado para a realização prática, voltado a soluções de problemas específicos e de interesses locais (Flick, 2013). Tais classificações conduziram a uma abordagem de caráter qualitativo, concentrando-se em análises de uma situação que não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas (Silva; Menezes, 2001).

3.2 PROCEDIMENTOS

3.2.1 Planejamento do Estudo de Caso

De acordo com Yin (2015), um estudo de caso divide a etapa de planejamento em três momentos: validação, tipo e número. No presente artigo, busca-se uma validação interna, gerando uma análise relevante para a empresa estudada. Já quanto ao tipo, o estudo de caso em questão adotará um, o longitudinal, centrado no estudo do presente, a partir da coleta de dados históricos. Já em relação ao número, a pesquisa é classificada como única, sem generalização analítica (Flick, 2013).

3.2.2 Instrumento de Coleta de Dados

No que se refere aos instrumentos de coleta de dados, o trabalho utilizou-se de análise documental, visto que a empresa estudada utiliza de um ERP (do inglês, Enterprise Resource Planning): sistema integrado de gestão empresarial compostos por três grandes subsistemas — operações, finanças e recursos humanos —, os quais se subdividem em módulos específicos, de acordo com os processos de cada área. Este é fornecido pela SAP (Software Applications and Products), uma das principais empresas fornecedoras de sistemas ERP do mundo.

Desse modo, foram utilizadas, ainda, observações *in loco* aliadas a entrevistas semiestruturadas, conduzidas através de um questionário (Apêndice A). Esse questionário inicialmente apresentou questões abertas, em que o colaborador pudesse fornecer informações expressivas e contextualizar a situação de forma livre, e terminou com questões dicotômicas, isto é, questões com duas respostas possíveis. Essa estruturação foi usada como estratégia de entrevista, de forma a afunilar os resultados.

3.2.3 Coleta de Dados das Centrífugas de Açúcar

Após a escolha dos instrumentos de coleta de dados, foi analisado o histórico de manutenção no setor da produção de açúcar e filtrado pelas ordens emergenciais (OM1) e ordens preventivas (OM2) geradas em sistema, durante os períodos das safras 20'21 e 21'22, essas que antecederam o período inicial da implantação do programa TPM. Após, foi feito o levantamento dos custos alocados nessas OM1, ainda dentro do sistema SAP, com o objetivo de obter o cenário da manutenção corretiva antes da implantação e o peso dos custos acarretados pelo cenário. Feito isso, o mesmo processo foi repetido agora filtrando as OM1 e as OM2 para o período das safras 22'23, 23'24 e 24'25, uma vez que este foi o intervalo de tempo este da implantação da TPM desde primeira centrífuga até a última, sendo quatro centrífugas no total.

Durante a busca, foi pesquisado dados sobre a disponibilidade das centrífugas, tanto em sistema e como em documentos físicos.

3.2.4 Análise de Resultados

Após obtidos os dados, a análise consistiu na realização do Gráfico de Pareto para elencar, em ordem decrescente, o número de ocorrências de OM1 em cada equipamento da fábrica de açúcar nas safras 20'21 e 21'22. Em seguida, foram organizadas, em um quadro, a quantidade de ordens (OM1 e OM2) abertas em relação ao custo nas safras 21'22.

Com as informações pós início da implantação, foi gerado 2 gráficos de barra: o primeiro gráfico com o número de ordens (OM1 e OM2) abertas para as safras 22'23, 23'24 e 24'25, especificando ainda a quantidade para cada uma das centrífugas e o segundo, com os custos de manutenção em cada equipamento, mas apenas para as safras 23'24 e 24'25, de início, não houveram registros documentados no plano de implantação da TPM.

Após a análise dos dados, reuniu-se as respostas dadas durante as entrevistas com os colaboradores da produção de açúcar e foi realizado um *brainstorming* junto a gestora lean, o gestor de operações da fábrica de açúcar e um operador de COI (Centro de Operações Integradas) do mesmo setor, com o intuito de identificar uma maneira prática, barata e de fácil acesso para os colaboradores. A partir dos resultados da discussão houve a criação de um plano de ação, empregando-se a ferramenta 5W2H com o objetivo de propor um plano de ação.

4 RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DOS PROCESSOS

A empresa que serviu como cenário de análise para o atual estudo é uma multinacional integrada e especializada em produção de etanol, açúcar e bioenergia (EAB). Esta opera em 2 países da América Latina, com escritórios nos Estados Unidos e França, distribuindo seu produto globalmente.

A unidade de Andradina – SP é considerada de porte 3, isto é, com uma capacidade de moagem elevada. Com mais de 400 colaboradores, a unidade opera de segunda a segunda, 24 horas/ dia, sendo quatro turnos: três turnos de 8 horas cada e o turno comercial das 08h às 18h.

Embora a unidade produza os três tipos de etanol — anidro, hidratado e neutro —, bem como energia a partir da biomassa, o presente estudo dá ênfase ao setor produtivo do açúcar VHP (Very High Polarization), principal tipo exportado pelo Brasil e com grande relevância econômica para a empresa, uma vez que pode ser usado como matéria-prima para refino e diversos outros processos.

As centrífugas representam um ponto chave desse processo, sendo essenciais para garantir a pureza e a qualidade do produto final e responsáveis pela centrifugação do mel durante o processo de fabricação do açúcar VHP. Na unidade estudada, existem quatro centrífugas automáticas sendo duas Mausas MAC Master III 2250, uma Vetek 1250 e uma Vetek 550, todas fabricadas em aço inoxidável e projetadas para operar de forma contínua com alto desempenho.

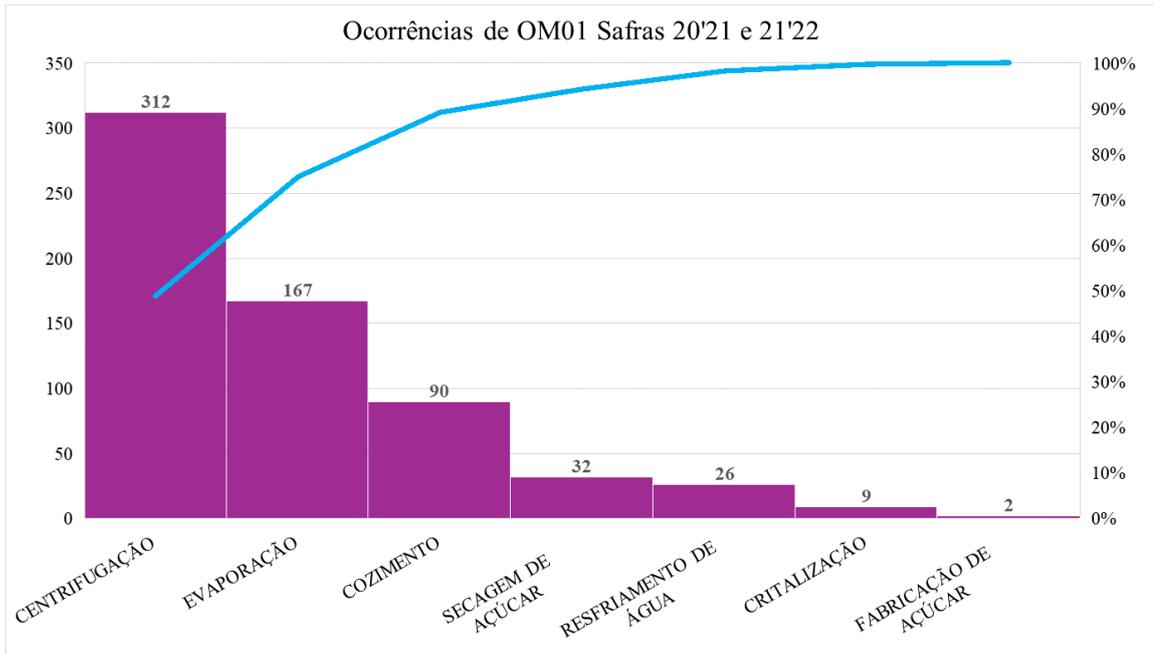
Este estudo concentrou-se na análise do desempenho dessas centrífugas e na aplicação de metodologias de manutenção produtiva total (TPM) visando a otimização da eficiência operacional, a redução de falhas e o aumento da disponibilidade desses equipamentos críticos na produção de açúcar.

4.2 ANÁLISE DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO

Antes da implantação do TPM, era comum que o boletim diário fosse fechado sem que a meta nominal de produção de açúcar fosse atingida. Com o intuito de identificar a principal causa dessa deficiência, analisaram-se as ordens de manutenção emergencial (OM01) da fábrica de açúcar — ordens responsáveis por paradas que impactavam diretamente na operação da fábrica. A Figura 1 apresenta o Diagrama de Pareto construído a partir dessas informações.

A análise do gráfico evidencia que aproximadamente 90% das paradas estavam associadas às centrífugas. Tal dado indica que esses equipamentos representavam um gargalo para a produção de açúcar, não em função de sua capacidade operacional, mas sim pela elevada frequência de paradas para manutenções corretivas emergenciais (OM01).

Figura 1 – Análise das Ocorrências de OM01 nas Safras 20'21 e 21'22 através do Diagrama de Pareto



Fonte: Autoria Própria (2025)

Manutenções emergenciais, por sua natureza urgente, tendem a ser mais onerosas, envolvendo custos com horas extras, aquisição de peças de reposição e perdas de produção. Após a identificação das centrífugas como o principal fator limitante, foi conduzido um estudo correlacionando a quantidade de OM01 por centrífuga da linha de fabricação de açúcar com os respectivos custos agregados, conforme mostrado no quadro 1.

Quadro 1 – Número de OM01 com a Média de Custos para Centrífugas nas Safras 20'21 e 21'22

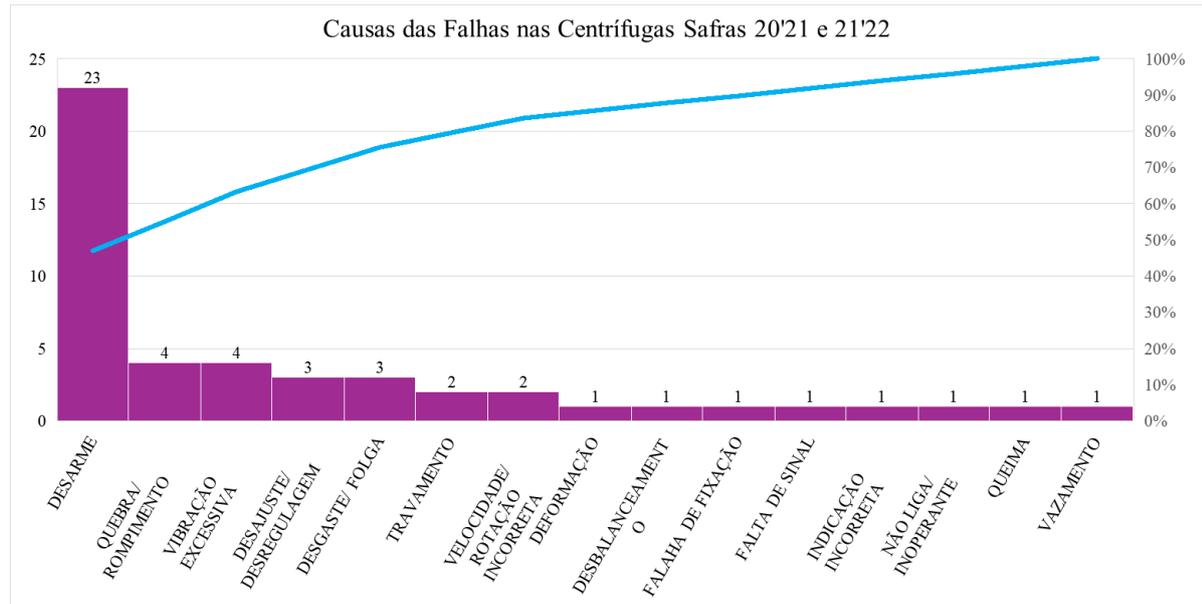
Nº	Centrífugas	Nº de OM01	Custo Agregado
1	Mausa 2250	10	R\$25.674,90
2	Vetek 1250	44	R\$43.991,30
3	Vetek 550	18	R\$38.193,38
4	Mausa 2250	20	R\$50.255,80

Fonte: Autoria Própria (2025)

Com base na necessidade de reduzir o tempo de inatividade das centrífugas, como visto na Figura 1, que sinaliza centrifugação como a etapa com mais paradas para manutenções emergenciais, e diminuir o gasto com essas manutenções (Quadro 1), priorizou-se as quatro centrífugas na implantação da TPM. Para isso, colaboradores da fábrica de açúcar e da oficina de confiabilidade foram treinados e alocados para compor a equipe de manutenção preditiva. Visando orientar os esforços do time para a real necessidade do setor, foram mapeados os principais motivos de falhas que originaram as paradas emergenciais.

A Figura 2 expõe que o principal motivo das paradas, foram os 23 desarmes que ocorreram durante as Safras 20'21 e 22'23. Esse tipo de falha pode ocorrer por diversos motivos, dentre eles destacam-se problemas em buchas e rolamentos, baixa pressão de óleo e superaquecimento dos motores ou mancais. Problemas estes, que o time de manutenção preditiva é capaz de evitar.

Figura 2 – Relação de Falhas das Centrífugas nas Safras 20'21 e 21'22 através do Diagrama de Pareto



Fonte: Autoria Própria (2025)

Diante disso, se faz necessária a análise dos resultados do programa de implantação da TPM e exposição dos ganhos.

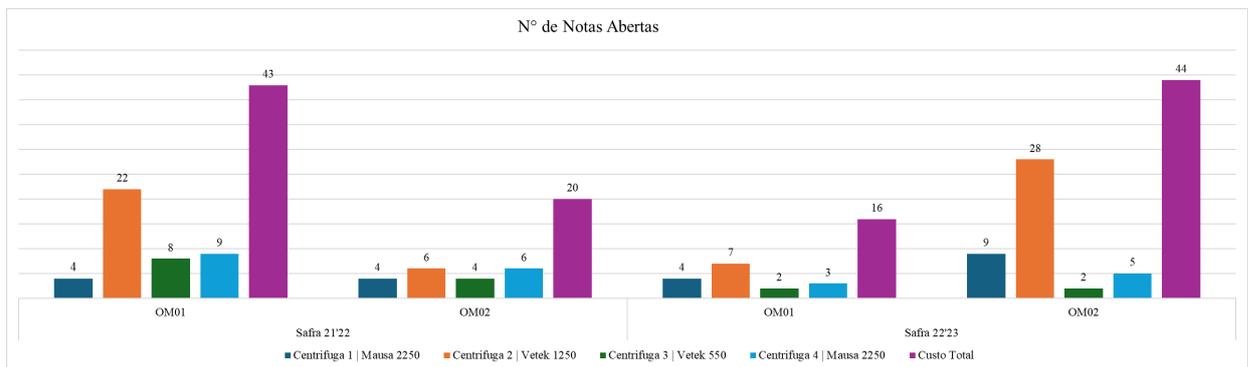
4.3 ANÁLISE DE GANHOS COM O TPM

A implantação do programa TPM teve início na safra 22'23 e desde o primeiro ano foi possível observar uma redução expressiva nas ordens de manutenção emergenciais (OM01), o que indica um impacto positivo inicial do programa e uma mudança significativa no perfil de manutenção adotado pela unidade. Na safra 23'24, entretanto, ocorreu um aumento tanto nas OM01 quanto nas OM02 (ordens de manutenção preventiva), o que se justifica pelo curto período de entressafra. Esse intervalo reduzido comprometeu a execução de manutenções completas, parte das falhas latentes não pôde ser tratada adequadamente antes do início da safra, exigindo maior número de intervenções corretivas durante o ano safra.

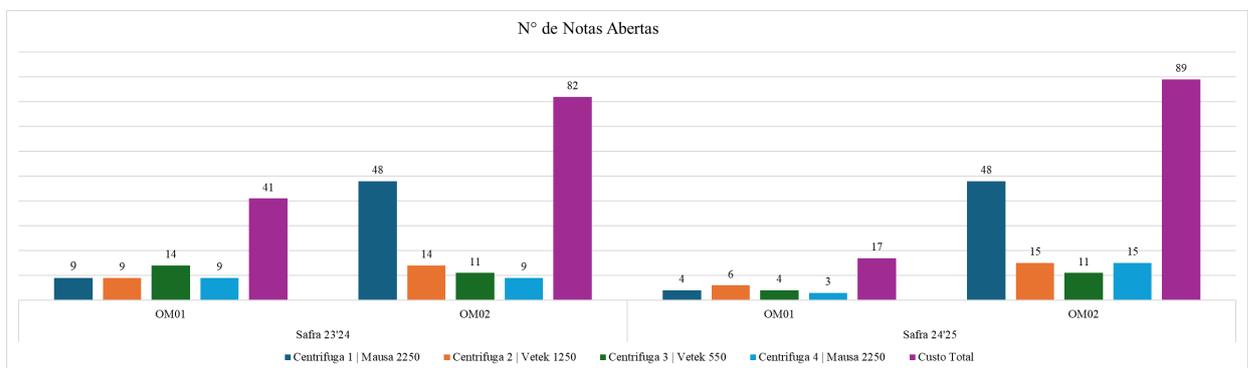
No terceiro ano de implantação, safra 24'25, verificou-se uma consolidação dos

resultados positivos da metodologia. As ordens emergenciais (OM01) apresentaram redução de aproximadamente 60% em relação à safra 21'22 (anterior ao TPM), enquanto as ordens planejadas (OM02) cresceram cerca de 345% no mesmo período, evidenciando a transição de um modelo reativo para um modelo preventivo de manutenção. Esses dados estão ilustrados na Figura 3 (a) e (b), que apresenta a evolução do número de notas abertas ao longo das quatro safras analisadas.

Figura 3 – Número de Ordens (OM01 e OM02) Abertas



(a)



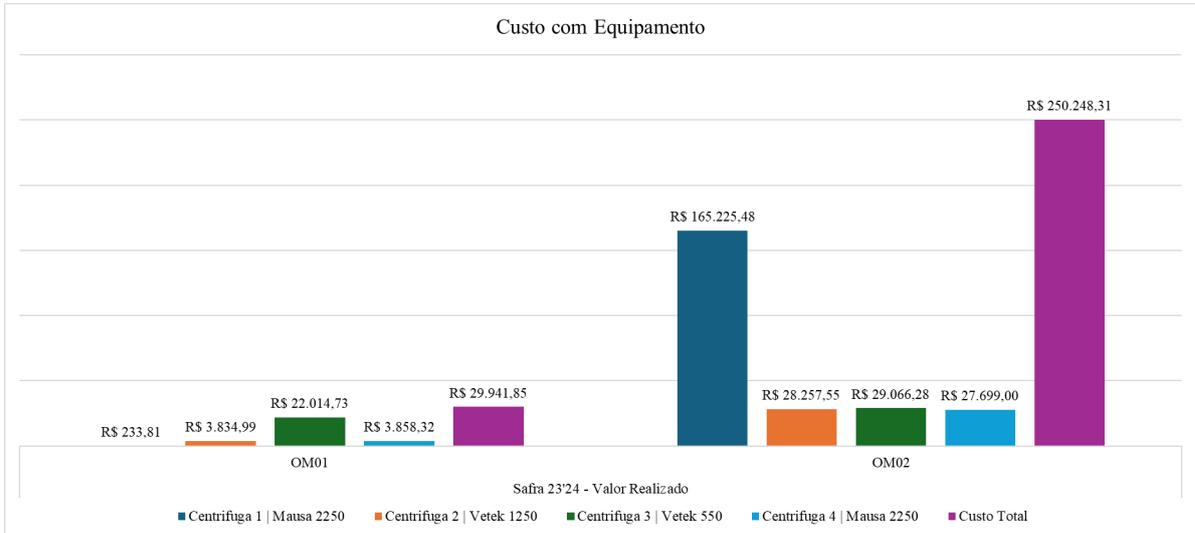
(b)

Fonte: Autoria Própria (2025)

No que diz respeito à análise de custos operacionais, foram considerados apenas os dados consolidados das safras 23'24 e 24'25, uma vez que não houve um registro significativo e concreto nas safras anteriores. As Figuras 4 e 5 demonstram a relação dos gastos com manutenções emergenciais e preventivas nas safras 23'24 e 24'25.

Embora manutenções emergenciais apresentem, em geral, custos superiores aos das manutenções preventivas, esse padrão não foi observado na safra 23'24, conforme demonstra a Figura 4. Esse fato justifica-se pelos serviços corretivos que foram terceirizados, devido à limitação do curto período de entressafra, o que encareceu significativamente os serviços preventivos.

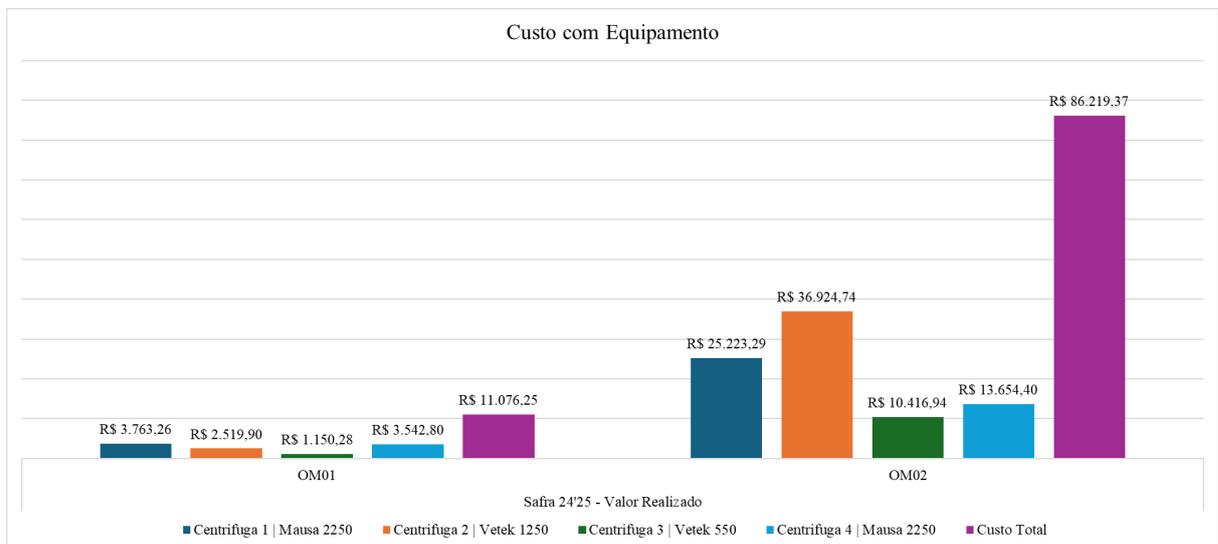
Figura 4 – Custos com as Manutenções das Centrífugas Safra 23’24



Fonte: Autoria Própria

Já na safra 24’25 (Figura 5), a empresa conseguiu restabelecer o cronograma de manutenções preventivas, o que resultou em significativa redução dos custos emergenciais, reduzindo em R\$ 147.039,13 comparado a safra 20,21 e 21’22 (Quadro 1) e em R\$ 18865,60, a safra 23’24 (Figura 4). Os custos com OM02 continuaram mais altos se comparados aos das OM01 da mesma Safra, porém esse aumento está relacionado à maior frequência de substituições programadas de componentes, reforçando o foco da TPM na confiabilidade e longevidade dos equipamentos.

Figura 5 – Custos com as Manutenções das Centrífugas Safra 24’25



Fonte: Autoria Própria

Tendo em vista que o custo total com manutenções emergenciais (OM01) nas safras 20'21 e 21'22, pré implantação da TPM, foi de R\$ 158.115,38 (Quadro 1) e o custo total com as manutenções emergenciais nas safras 23'24 e 24'25 foi de R\$ 41.018,10 (Figura 4 e 5), indica que a implantação da TPM contribuiu para a redução dos custos totais de manutenção, assim como contribuiu para redução das falhas. A crescente adesão às ordens planejadas (OM02) e a queda das emergenciais (OM01) sugerem maior controle dos ativos produtivos e melhor planejamento das intervenções técnicas.

4.4 PROPOSTA DE MELHORIA

Com base nas etapas anteriores, foi possível analisar questões sobre o aumento da manutenção preventiva e a redução das manutenções emergenciais, bem como dos gastos. No entanto, foram inexistentes o controle da disponibilidade das centrífugas. A partir disso, foram realizadas entrevistas (Apêndice A) com o objetivo de entender o contexto atual das paradas das centrífugas e a realidade dos operadores de COI. Com as respostas em mãos, foi realizado em sala, um *brainstorming* que contribuiu para a elaboração de planos de ações utilizando a metodologia 5W2H, apresentado no Quadro 2, em que foram sugeridas ações para o registro e controle da disponibilidade das centrífugas.

Após a elaboração do plano de ação apresentado no Quadro 2, foram identificadas as ações mais práticas a serem executadas, de forma a não causar grande impacto na rotina do operador, para registro de oscilações de velocidade e paradas da centrífuga, sendo elas planejadas ou não.

Quadro 2 – 5W2H

What? (O quê?)	Why? (Por quê?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	Who? (Quem?)	How? (Como?)	How much? (Quanto?)
---------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------------------

Lista de checagem.	Pois esta é uma maneira de registro prática e que reduz erros.	COI do setor da fábrica de açúcar.	Ago/25	Gestor de Operações	Os campos presentes na lista de checagem podem variar conforme necessidade, no entanto deve conter data no cabeçalho, colunas: "Centrífuga"; "Horário"; "Duração"; "Motivo" e "Operador", e no final a assinatura dos operadores do turno A, B e C. A lista será diária e no final de cada mês serão impressas 35 cópias para o mês seguinte.	Em média R\$ 5,25 mensais.
Treinamento técnico dos operadores de COI.	Pois os operadores de COI precisam se familiarizar com a lista e entender com preencher corretamente os campos.	Sala do Conhecimento.	Ago/25	Gestor de Operações	Montar uma breve apresentação com a maneira correta de preenchimento da lista de checagem.	Nenhum custo agregado.

Fonte: Autoria Própria (2025)

Após a elaboração do plano de ação apresentado no Quadro 2, foi possível identificar as ações que necessitam ser executadas para que haja registros de disponibilidade da centrífuga.

A primeira ação apresentada aborda a criação de uma lista de checagem para apontamento de paradas das centrífugas de açúcar. Uma ferramenta prática, simples e que não recruta habilidades dos operadores de COI. Esta será elaborada pelo gestor de operações em agosto, para apresentá-la como melhoria na reunião do TPM que ocorrerá no mesmo mês. Esta lista pode até ser considerada um kaizen – ferramenta de melhoria contínua – dentro do TPM.

Quando se trata da sua estrutura, ela pode ter várias configurações, mas em todas deve conter um cabeçalho com a data no formato DD/MM/AAAA, cinco colunas em que serão preenchidas com qual das centrífugas parou, o horário em que houve a parada, quanto tempo durou a parada, o motivo da parada e o operador que estava no controle quando a mesma ocorreu. No fim, deve conter três linhas para assinatura dos operadores dos três turnos A, B e C. O custo refere-se ao gasto com a impressão, sendo estimado em R\$ 0,15 a folha considerando o modelo da impressora utilizada e a marca de papel utilizada. A Figura 5, apresenta um exemplo de lista de checagem.

Figura 6 – Lista de Checagem

Ainda que sua implementação enfrente resistências iniciais e exija investimentos em capacitação e mudança de cultura, os resultados observados neste estudo reforçam a importância da adoção de práticas proativas. Em especial, o uso da lista de checagem como instrumento de controle e acompanhamento mostrou-se uma solução prática e acessível para o engajamento dos operadores e a padronização das rotinas de manutenção.

Em um ambiente industrial que lida com equipamentos críticos, como as centrífugas, a necessidade de um olhar técnico, aliado à educação continuada dos profissionais, torna-se ainda mais relevante. Assim, a TPM contribui não apenas para a otimização da produção, mas também para o fortalecimento de uma cultura organizacional baseada na melhoria contínua, na valorização das pessoas e na busca por excelência.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**. São Paulo: Érica, 2016. Disponível em: <<https://pergamum.ufms.br/acervo/5822032>>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- BORMIO, M. R. **Manutenção Produtiva Total (TPM). Cenpro: Curso de Especialização em Engenharia de Produção**, Bauru: UNESP, 2000.
- DE PAULA, L.; SILVA, M.; ROCHA, T. Os oito pilares da TPM: manutenção e lubrificação de equipamentos. **FEB: Faculdade de Engenharia de Bauru**. Bauru: UNESP, Ago. 2010.
- FLEMING, Paulo Victor; FRANÇA, S. R. R. O. Considerações sobre a Implementação Conjunta de MCC e TPM na Indústria de Processos. In: **XII Congresso Brasileiro de Manutenção (ABRAMAN)**, n. 12, 1997, São Paulo. Anais do XII Congresso Brasileiro de Manutenção. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), 1997.
- FLICK, Uwe. **Introdução à Metodologia de Pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso, 2013.
- GANGA, Gilberto Miller Devós. **Metodologia Científica e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC): um guia prático de conteúdo e forma**. São Carlos: Atlas Br, 2020. Disponível em: <<https://www.uab.ufscar.br>>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. **Atlas**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://acervo.enap.gov.br/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=523589&shelfbrowse_it_emnumber=106849>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- GOMES, C. F.; YASIN, M. M.; LISBOA, J. V. Performance measurement practices in manufacturing firms: an empirical investigation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Leeds (UK), v. 17, n. 2, p. 144-162, 2006. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17410380610642241/full/html>>. Acesso em: 20 dez. 2024.
- JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 293-323, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>>. Acesso em: 05 jan. 2025.
- JUNIOR, Joel da Conceição; SILVA, Sergio Luis. Implementação dos conceitos do TPM no processo de desenvolvimento de produtos. In: **ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010, São Carlos. Anais da ABEPRO. São Carlos, ABEPRO, 30, 2010. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes>>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- LAMPKOWSKI, Francisco José; MASSON, Ana Cecília Pegoraro Dias; CARRIJO, José Ricardo Scareli. TPM – Total Productive Maintenance – resultados da implementação: um estudo de caso. In: **SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**, 13, 2006, Bauru. Anais da UNESP. Bauru, UNESP, 2006.

MICHAELIS, Carolina; MICHAELIS, Henriette. **Michaelis**: Dicionário escolar inglês. 3. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2009.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: Total Productive Maintenance. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RIBEIRO, Haroldo. **TPM**: guia de implantação: a metodologia para o sucesso do TPM. TPM Collection Volume 1. São Caetano do Sul: PDCA, 2016.

RODRIGUES, V. M. **Manutenção Preditiva em Equipamentos Rotativos no Setor Sucoenergético**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

SILVA, M. Combate a Falhas Gera Valor e Segurança dos Ativos. *Manutenção & Ativos*: ABRAMAN. São Paulo, n. 169, p. 12-15, jan./fev./mar. 2023. Disponível em: <<https://abramanoficial.org.br/publicacoes/revista/lirt>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SUZUKI, Tokutarō. *TPM in process industries*. New York, NY: Productivity Press, 1994.

TELES, F.; PEREIRA, V. N. C.; PEREIRA, G. S.; TELES, H. H. M.; ALMEIDA, M. das N.; ALBUQUERQUE NETO, H. C.; CASELLI, F. de T. R. Obstáculos e benefícios da implantação da Manutenção Produtiva Total (MPT): uma revisão de literatura. **Revista de Gestão e Secretariado** v.14, n.4, São José dos Pinhais-PR, p. 6386–6399, abr. 2023.

YIN, Robert K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAMPOLLI, Marisa; GARCIA Jr., Glycon; HONDA, Renata. **Gestão de Ativos**: guia para a aplicação da norma ABNT NBR ISO 55001 considerando as diretrizes da ISO 55002:2018. 2. ed. São Paulo: International Copper Association Brazil, 2019. Disponível em: <<https://abcobre.org.br/guia-de-gestao-de-ativos-2019/>>. Acessado em: 17 abr. 2025.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA

1. Quantos operadores atuam no Centro de Operações Industriais (COI) durante a safra, e como é distribuída a escala de trabalho entre os turnos?
2. Como é realizada atualmente a comunicação sobre falhas ou paradas das centrífugas? Há algum tipo de registro ou histórico dessas ocorrências?
3. Na sua opinião, quais são os principais desafios enfrentados no controle das paradas das centrífugas durante a operação?
4. Você já realizou algum tipo de registro manual (em papel ou planilha) sobre o funcionamento das centrífugas durante sua rotina de trabalho?
 Sim Não
5. Atualmente, existe alguma ferramenta de apoio (física ou digital) no COI para registrar a disponibilidade ou paradas dos equipamentos?
 Sim Não
6. Você teria disponibilidade e tempo suficiente durante o turno para preencher uma lista de checagem simples ao final de cada parada ou turno?
 Sim Não
7. Os operadores do COI recebem treinamentos periódicos sobre procedimentos operacionais e preenchimento de documentos técnicos?
 Sim Não
8. Você considera viável a implantação de um formulário de registro para controlar o tempo de parada das centrífugas, com preenchimento pelos operadores?
 Sim Não