



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



ARTHUR BERNARDES RAMOS PIRES

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE
MOINHOS HORINTAIS POR VIA ÚMIDA UTILIZADOS EM UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

OURO PRETO - MG

2022

ARTHUR BERNARDES RAMOS PIRES

arthur.pires@aluno.ufop.edu.br

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE
MOINHOS HORINTAIS POR VIA ÚMIDA UTILIZADOS EM UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: Dsc. Washington Luis Vieira da Silva.

OURO PRETO – MG

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P667p Pires, Arthur Bernardes Ramos.

Proposta de um plano de manutenção preventiva de moinhos horizontais por via úmida utilizados em uma indústria química. [manuscrito] / Arthur Bernardes Ramos Pires. - 2022.

52 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Plano de Manutenção. 2. Manutenção - Manutenção Preventiva. 3. Moinhos horizontais. 4. Moinhos por via úmida. 5. Industria Química. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Arthur Bernardes Ramos Pires

Proposta de um Plano De Manutenção Preventiva de moinhos horizontais por via úmida utilizados em uma indústria química

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 07 de Outubro de 2022

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/10/2022, às 20:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0413402** e o código CRC **21BA304C**.

À minha família, dedico mais esta etapa vencida, especialmente aos meus pais, Odair e Fernanda, por todo apoio, amor e confiança, vocês são meu maior exemplo.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por ter me permitido trilhar esse caminho, e ter colocado nele pessoas especiais.

Agradeço a toda minha família por todo amor, apoio e confiança.

Ao meu pai por ser meu melhor amigo e exemplo de garra.

À minha mãe, por nunca deixar de sonhar os meus sonhos e ser a melhor professora que tive.

Aos meus avós Gustavo e Vanda, por serem meus exemplos de vida.

Aos meus tios Aurélio e Aline, por serem meu porto seguro.

Às minhas tias Silvia e Janaína, por serem minhas referências.

Aos todos meus primos e primas, por me incentivarem a ser sempre uma pessoa melhor.

À Kamylla, por todo amor e companheirismo.

Aos amigos da mecânica, por tornarem o curso ainda melhor.

À toda República 171 e a todos os pilantras, por me mostrarem que Ouro Preto não é um lugar comum e que como sempre fui pilantra meu lugar é na 171.

Ao meu orientador Washington, pelos conselhos, incentivos e paciência ao decorrer deste trabalho e de todo o curso.

A todos os professores do departamento de engenharia mecânica, pelos ensinamentos teóricos e de vida.

Obrigado a todos que fizeram parte dessa história, sem vocês essa conquista, tão sonhada, não teria valia nenhuma.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

Com o objetivo de buscar melhorias dentro do setor de manutenção de empresa do ramo da indústria química, o presente estudo propõe a elaboração de um plano de manutenção de um moinho horizontal por via úmida. Os planos de manutenção são utilizados em todos os tipos de indústria, não sendo diferente no ramo químico, uma vez que o tamanho, a expressividade e complexidade da produção de químicos exigem uma equipe de manutenção eficiente e eficaz para assegurar a continuidade da produção. Os moinhos são equipamentos que de forma geral são responsáveis por realizar o processo de moagem, buscando a diminuição do particulado final do produto. Para a elaboração do plano de manutenção foi seguida uma metodologia onde primeiramente realizou-se a identificação do equipamento, através de um sistema de tagueamento, depois foi realizada uma verificação do manual do fabricante para que, aliado aos dados da empresa, fosse possível determinar a criticidade dos componentes, a periodicidade de manutenção e as peças de reposição necessárias e por fim, elaborar o plano de manutenção. Sendo assim, o trabalho consiste em uma pesquisa exploratória com base em um estudo de caso, tendo uma abordagem qualitativa aliada a base teórica. O plano elaborado contém o detalhamento das atividades em procedimentos operacionais padrões, além de especificar a frequência, o responsável e os recursos físicos para cada atividade do plano. Como conclusão do trabalho tem-se um plano de manutenção que, quando aplicado, espera-se reduzir o número de paradas não programadas e o tempo de manutenção dos equipamentos.

Palavras-chave: Plano de Manutenção. Manutenção Preventiva. Moinhos horizontais. Moinhos por via úmida. Indústria Química.

ABSTRACT

In order to seek improvements within the maintenance sector of a chemical industry company, the present study proposes the elaboration of a maintenance plan for a horizontal wet mill. Maintenance plans are used in all types of industry, not being different in the chemical sector, since the size, expressiveness and complexity of chemical production require an efficient and effective maintenance team to ensure production continuity. The mills are equipment that are generally responsible for carrying out the grinding process, seeking to reduce the final particulate of the product. For the elaboration of the maintenance plan, a methodology was followed where, firstly, the identification of the equipment was carried out, through a tagging system, then a verification of the manufacturer's manual was carried out so that, combined with the company's data, it was possible to determine the criticality of the components, the periodicity of maintenance and the necessary spare parts and finally, prepare the maintenance plan. Therefore, the work consists of an exploratory research based on a case study, having a qualitative approach combined with a theoretical basis. The elaborated plan contains the details of the activities in standard operating procedures, in addition to specifying the frequency, the person responsible and the physical resources for each activity of the plan. As a conclusion of the work, there is a maintenance plan that, when applied, is expected to reduce the number of unscheduled stops and equipment maintenance time.

Keywords: *Maintenance Plan. Preventive maintenance. Horizontal mills. Wet mills. Chemical industry.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rota de inspeção	23
Figura 2: Fluxograma etapas de metodologia do trabalho.	26
Figura 3: Organograma da empresa.	29
Figura 4: Organograma da empresa.	30
Figura 5: Organograma do setor de manutenção.....	31
Figura 6: Sistema de moagem.	32
Figura 7: Interior da cuba do moinho.	33
Figura 8: Exemplo de TAG.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores do trabalho	27
Tabela 2 - Exemplo de Controle de Manutenção Preventiva de Moinhos Horizontais	34
Tabela 3 - Exemplo de Ficha de Identificação de Moinhos	35
Tabela 4 - Nível de Criticidade de Componentes de Moinhos.....	37
Tabela 5 - Plano de manutenção de moinhos horizontais	38
Tabela 6 - Procedimento Operacional Padrão - Pré Operacional.....	39
Tabela 7 - Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de motor e correias.....	41
Tabela 8 - Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de eixo rotor e selo mecânico.....	42
Tabela 9 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva de motor e correia...	43
Tabela 10 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva de motor e correia.	44
Tabela 11 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva/calibração de pressostato e termopar	45
Tabela 12 - Registro de manutenções.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Formulação do Problema.....	14
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Geral	16
1.3.2	Específicos.....	16
1.4	Estrutura do Trabalho	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Manutenção	17
2.2	Tipos de manutenção	18
2.2.1	Manutenção Corretiva	18
2.2.2	Manutenção Preventiva	18
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	19
2.2.4	Manutenção Produtiva Total (TPM).....	20
2.2.5	Manutenção Autônoma.....	20
2.3	Planejamento e controle da manutenção	20
2.3.1	Padronização e tagueamento	21
2.3.2	Procedimento Operacional Padrão (P.O.P.)	21
2.4	Planos de manutenção	22
2.5	Moinhos agitadores de esferas.....	24
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	Tipo de Pesquisa.....	26
3.2	Materiais e Métodos	26
3.3	Variáveis e Indicadores	27
3.4	Instrumento de coleta de dados	27
3.5	Tabulação de dados	27
3.6	Considerações finais do capítulo	28
4	RESULTADOS	29
4.1	Características da Empresa/Setor	29

4.2	Descrição do equipamento estudado	31
4.3	Diagnóstico da manutenção do equipamento segundo a empresa.....	33
4.4	Proposta de elaboração de um plano de manutenção	35
4.4.1.1	Análise da criticidade dos componentes	36
4.4.1.2	Elaboração do plano de manutenção do equipamento.....	37
4.4.1.3	P.O.P. pré operacional	39
4.4.1.4	P.O.P. de inspeção periódica dos componentes.....	41
4.4.1.5	P.O.P. de manutenção preventiva dos componentes.....	43
4.4.1.6	Registro de Manutenções	46
5	CONCLUSÃO.....	49
5.1	Conclusão	49
5.2	Recomendações para trabalhos futuros	49
-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
-	ANEXO.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

A modernização da indústria com as novas tecnologias está transformando o mercado, deixando-o cada vez mais competitivo e exigindo soluções rápidas das empresas. Sendo assim, para manter a competitividade é necessário que todos os setores internos busquem por otimizações, desde setores administrativos até os operacionais, como por exemplo a manutenção.

Manutenção é definida como, segundo Almeida (2018; p. 15), “conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”. A partir dessa afirmação é possível compreender a importância e a complexidade da manutenção dentro de uma empresa, uma vez que a falha ou a parada não programada de um equipamento pode comprometer a linha produtiva gerando atrasos e elevando custos do produto final, tornando-o menos competitivo. Para que tal situação seja evitada a equipe de manutenção faz uso de planos de manutenção.

Os planos de manutenção possuem a finalidade de orientar as atividades e inspeções que um determinado equipamento necessita para que não ocorra uma parada não programada do mesmo. Sua importância é dada justamente por permitir um melhor acompanhamento do equipamento e uma visão clara das atividades que devem ser realizadas para mantê-lo.

Assim, segundo Viana (2002, p. 87), “os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva”.

Por ser uma ferramenta tão útil e crucial, os planos de manutenção são utilizados em todos os tipos de indústria, não sendo diferente no ramo químico, uma vez que o tamanho, a expressividade e complexidade da produção de químicos exigem uma equipe de manutenção eficiente e eficaz para assegurar a continuidade da produção. Além disso, é comum encontrar equipamentos complexos e de alta criticidade para o processo dentro indústria química, como exemplo tem-se os moinhos, responsáveis por moer o produto a fim de chegar em um nível de partícula adequada para os processos posteriores. Uma falha desse tipo de equipamento pode resultar em diversos tipos de perdas: qualidade, matéria prima, lotes completos e até acidentes.

Logo, a proposta do estudo é analisar o plano de manutenção de moinhos e propor melhorias para os mesmos e, dentro do contexto da competitividade atual do mercado e a

necessidade da eficiência e eficácia de uma equipe de manutenção, tem-se a seguinte problemática:

Como propor um plano de manutenção preventiva de moinhos horizontais por via úmida utilizados em uma indústria química?

1.2 Justificativa

A manutenção possui sua importância dentro das empresas por ser responsável por mitigar as falhas e paradas não programadas dos equipamentos e, por consequência, manter a produção em funcionamento. Segundo Xenos (1998, p. 13), “a manutenção é indispensável à produção e pode ser considerada como a base de toda atividade industrial.”

Segundo Viana (2002, p. 4), “o impacto do Planejamento e Controle da Manutenção para a saúde de uma empresa é primordial, pois seria impossível um atleta competir com chances de vitória, se o seu organismo estivesse debilitado”. Com essa afirmação, é possível compreender que o estudo e aplicação de um planejamento e controle da manutenção no atual cenário das indústrias pode ser decisivo para o sucesso de uma empresa e seus produtos.

Além disso, com o desenvolvimento acelerado de novas tecnologias e equipamentos, torna-se imprescindível que dentro do âmbito acadêmico que haja estudos nessa área, visto que o avanço dos conhecimentos teóricos precisa estar alinhado com o avanço dos maquinários utilizados nas indústrias.

Sendo assim, justifica-se a necessidade da proposta de um plano de manutenção voltado para moinhos horizontais por via úmida, uma vez que o mercado da indústria química exige de seus produtos um alto nível de qualidade e que seus fornecedores possam atender a demanda. Logo, o equipamento deve realizar o processo produtivo com menor número de paradas não programadas possível e atingir os parâmetros de qualidade necessários, mesmo após anos operando por diversas horas. Tais objetivos só podem ser atingidos através de uma atuação da equipe de manutenção de forma eficiente e eficaz, baseando-se no plano de manutenção do equipamento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Propor um plano de manutenção de moinhos de uma indústria química.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção; tipos de manutenção; plano de manutenção e moinhos agitadores de esferas;
- Elaborar um procedimento metodológico para analisar a manutenção de um moinho horizontal por via úmida com a finalidade de propor um plano de manutenção;
- Realizar um diagnóstico da manutenção executada pela empresa no equipamento;
- Comparar os resultados obtidos com a base teórica para propor um plano de manutenção.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias a respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as vantagens e desvantagens existentes em cada um.

O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada para a elaboração da proposta de plano de manutenção para moinhos de uma indústria química, sendo relatado neste capítulo quais variáveis e indicadores foram considerados, bem como a forma de tabulação de dados.

O quarto capítulo discorre sobre a empresa estudada, seu funcionamento e organização, bem como ramo em que atua. Além disso, é feita uma análise do funcionamento do equipamento e de seus principais componentes para que, posteriormente, seja possível realizar uma análise de criticidade dos mesmos e finalmente realizar a elaboração do plano de manutenção do equipamento.

O quinto capítulo conclui o trabalho apontando quais objetivos foram alcançados e quais considerações devem ser feitas diante do resultado obtido. Neste capítulo também consta uma recomendação para trabalhos futuros que sejam relacionados com o tema do presente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

A palavra manutenção, segundo Viana (2002), possui origem do latim *manus terere*, que significa manter aquilo que se tem. Sendo assim, a manutenção consiste em um conjunto de estratégias e atividades com o objetivo de preservar o estado de algo, seja uma construção, edificação ou um equipamento. Atualmente, a manutenção possui grande importância para a área industrial, uma vez que o avanço da tecnologia e a crescente modernização dos processos produtivos deram espaço para uma maior preocupação com a qualidade, produtividade, segurança, questões ambientais e custos envolvidos nos processos (XENOS, 1998).

De acordo com Xenos (1998), dentro das atividades da manutenção tem-se não só as atividades voltadas para preservação do desempenho do equipamento, mas também as atividades de melhorias, que buscam alterar as condições originais do mesmo em busca de um desempenho maior. Além disso, para que seja possível realizar as atividades de forma correta, é necessário o entendimento de alguns conceitos básicos que circundam em torno da manutenção:

- **Falha:** “término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.” (ALMEIDA, 2018, p. 6)
- **Confiabilidade:** Probabilidade de um produto (peça, equipamento, circuito, máquina, peça, sistema, componente, entre outros.) operar durante um período especificado de tempo (eventualmente o tempo de vida útil) sem apresentar falhas identificáveis, desde que tal produto siga as especificações de projeto, de manutenção e operação especificadas pelo fabricante (NEPOMUCENO, 2014)

2.2 Tipos de manutenção

2.2.1 Manutenção Corretiva

De acordo com Viana (2002), a manutenção corretiva é caracterizada pela intervenção em equipamentos de forma forçada devido a uma falha do mesmo. Essa intervenção deve ocorrer de forma imediata a fim de mitigar as perdas e evitar acidentes que podem ocorrer aos trabalhadores e ao meio ambiente. Corroborando com essa ideia, Almeida (2018) define a finalidade da manutenção corretiva como o atendimento imediato a produção, a máquina ou o equipamento que parou.

Do ponto de vista de Xenos (1998), a manutenção corretiva é mais barata do que os outros tipos de manutenção uma vez que a mesma sempre é feita depois da ocorrência da falha, porém é necessário que seja realizada uma análise criteriosa para que esse tipo de manutenção seja utilizado como primeira opção, visto que a parada de um equipamento pode ocasionar perdas maiores. Tal análise deve levar em conta ações preventivas existentes e seus custos, além de avaliar a criticidade do equipamento em questão.

Apesar dessas considerações, a manutenção corretiva é essencial, uma vez que não é possível prever todas as falhas que podem ocorrer em determinado equipamento (XENOS, 1998). Além disso, de acordo com Almeida (2018), quando realizada de forma organizada e tecnicamente administrada ela é capaz de otimizar as questões econômicas.

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é uma das principais, senão a principal atividade da manutenção, já que a mesma é classificada como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha (VIANA, 2018). Segundo Almeida (2018; p 17), “manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, realizada em datas pré determinadas, de modo a manter a máquina ou o equipamento em certas condições de funcionamento e conservação, evitando paradas imprevistas.”

Esse tipo de manutenção é composta por inspeções, reformas e reposição de peças de forma periódica e previamente programadas, sendo realizada com o intuito de reduzir a probabilidade de falhas (XENOS,1998). Ainda acordo com Xenos (1998), quando comparada com a manutenção corretiva no ponto de vista de custos, a manutenção preventiva é mais

onerosa, porém se torna economicamente viável e interessante por diminuir a frequência de falhas e paradas não programadas dos equipamentos, resultando em um custo global menor.

Além da vantagem financeira, Almeida (2018) defende que a manutenção preventiva permite uma melhor alocação de recursos humanos, reduz o tempo de espera na compra e troca de peças, aumenta a confiabilidade do processo produtivo e por consequência a satisfação dos clientes.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva baseia-se em tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças através de monitoramentos, medições e controles estatísticos que tentam prever a proximidade de uma nova falha (Viana, 2002). Xenos (1998) aponta que existem diversas técnicas preditivas e que o avanço da tecnologia proporcionou o surgimento de alguns métodos mais sofisticados e caros, que são o futuro desse tipo de manutenção, mas que a essência desse tipo de manutenção é simples e eficaz: inspeccionamento, monitoramento e acompanhamento do equipamento e seus componentes.

Fogliato e Ribeiro (2009) destacam de forma clara a principal diferença entre as atividades preventivas e preditivas: enquanto as ações preventivas são programadas para serem realizadas de acordo com um planejamento prévio, as ações preditivas são programadas para ocorrerem de acordo a necessidade e estado do item em questão, sendo determinado através de medições e monitoramentos, buscando extrair o máximo de sua vida útil e realizar paradas programadas somente quando necessário.

Apesar das vantagens, Soeiro *et al* (2017) ressalta que a manutenção preditiva deve ser usada quando o custo do reparo for alto ou quando a falha tiver impacto relevante na produção, na segurança e no meio ambiente. No Brasil as principais técnicas preditivas utilizadas são: o ensaio por ultrassom, a análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia.

2.2.4 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Almeida (2018) retrata o surgimento da manutenção produtiva total após término da Segunda Guerra Mundial com o objetivo de reorganizar a infraestrutura de empresas e gerar novos empregos alinhando os conceitos de manutenção preventiva e preditiva ao treinamento de operários, que passaram a contribuir para a manutenção dos equipamentos operados com as tarefas mais simples.

Atualmente os principais objetivos desse tipo de manutenção são a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais e humanos; para isso a mesma adota em suas diretrizes os seguintes pilares: eficiência, autorreparo, planejamento, treinamento e ciclo de vida (ALMEIDA 2018).

2.2.5 Manutenção Autônoma

Assim como na manutenção produtiva total (TPM), na manutenção autônoma há uma cooperação entre o setor de produção e de manutenção. Xenos (1998) descreve que na manutenção autônoma existe uma atividade mantenedora presente e efetiva no setor produtivo que é capaz não apenas de prestar manutenções simples, mas também de influenciar decisivamente na política de manutenção e na análise de melhorias dos instrumentos produtivos.

2.3 Planejamento e controle da manutenção

O planejamento e controle da manutenção (PCM) consiste em sincronizar todos os processos que interagem na manutenção, adotando mecanismos de identificação e controle, que devem permitir identificar e avaliar os as variáveis que giram em torno dos serviços realizados (PINTO; XAVIER, 2012).

Sendo assim, o PCM nada mais é do que a aplicação de todas as ferramentas de gestão como planos de manutenção e métodos de manutenção. Portanto é de responsabilidade PCM a análise e de definição das criticidades dos equipamentos, a análise de falhas, a criação dos planos de manutenção e a geração e distribuição de Ordens de Manutenção (O.S.) para os responsáveis pela manutenção.

2.3.1 Padronização e tagueamento

Maia (1994) considera a padronização o ato de estabelecer padrões de referência para a realização de operações ou atividades repetitivas. Sendo assim, os principais objetivos de se padronizar são os de prover a organização de instrumentos básicos para a realização das atividades de forma otimizada. Na manutenção, um exemplo de padronização é o tagueamento de máquinas e equipamentos.

Segundo Lima et. al. (2015), a palavra “tag” significa “etiqueta”, sendo normalmente usada realizar a identificação de algo. Portanto, o tagueamento de máquinas e equipamentos consiste no processo de identificação do mesmo, utilizando um número ou código que fica anexado à máquina ou equipamento, sendo de preferência de cores chamativas e de fácil visualização. Essa identificação é importante pois viabiliza a realização do cadastro e rastreamento quanto à manutenção desses equipamentos.

Segundo a norma ISA 5.1 (*International Society for Measurement and Control*), é estabelecido uma padronização para designar os instrumentos e sistemas de instrumentação usados para medição e controle em equipamentos e processos industriais. Já no caso de máquinas e equipamentos industriais, normalmente cada empresa procura estabelecer seu próprio padrão e que é definido de acordo com alguns critérios, podendo ser conforme seus padrões de qualidade, funcionalidade e porte principalmente. Para Cabral (2004), a codificação pode ser feita de duas formas: a primeira, com estrutura lógica, podendo prever o tipo de equipamento e a estrutura a que está ligado, e a segunda, de código “cego”, ou sem sistemática.

2.3.2 Procedimento Operacional Padrão (P.O.P.)

O chamado procedimento operacional padrão (P.O.P.) é um documento que expressa o planejamento do trabalho repetitivo que deve ser executado para o alcance da meta padrão. Como descrito por Colenghi (1997), nele estão contidas instruções sequenciais das operações que devem ser realizadas, especificando o responsável pela execução, as peças e materiais utilizados na tarefa, e os procedimentos da tarefa por atividades. Esse documento deve ser aprovado, assinado, datado e revisado anualmente ou conforme necessário.

Um P.O.P. tem o objetivo de padronizar e minimizar a ocorrência de desvios na execução de tarefas fundamentais, para o funcionamento correto do processo. Sendo assim um

P.O.P. coerente garante, que independente do funcionário, turno ou gestão, as instruções sejam as mesmas para execução do processo, aumentando previsibilidade de seus resultados, minimizando as variações causadas por imperícia e adaptações aleatórias (COLENGHI, 1997).

É importante ressaltar que, para toda aplicação de P.O.P. é necessário que haja um treinamento para instruir os colaboradores as novas técnicas e cuidados que devem ser aplicados ao procedimento.

2.4 Planos de manutenção

Segundo Viana (2002; p. 87), “Os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva.”. Em suma, os planos de manutenção são um tipo de cartilha com instruções, recomendações e observações sobre a peculiaridade do equipamento em questão; além disso, sua complexidade e detalhamento irão refletir diretamente no nível de sucesso da mesma.

Para facilitar o entendimento e a aplicação prática dos planos de manutenção, Viana (2002) dividiu os três principais planos em:

- **Plano de inspeções visuais:**

Como o nome sugere, o plano de inspeções visuais baseia-se no cronograma de inspeções realizadas pelo responsável da manutenção ou, em casos da aplicação do TPM, um operador com instrução, tendo já definida toda a rota de inspeção. Durante a inspeção, o responsável deverá analisar características como: vibração, ruído, temperatura, entre outros.

A figura 1 ilustra um modelo de rota de inspeção sugerido por Viana (2002).

INSPEÇÃO DE ROTA MECÂNICA
PCM

ÁREA: ENVASAMENTO ROTA: SISTEMA: ENCHEDORA FREQ.: SEMANAL PÁGINA 1/1

CERVEJARIA X PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO DATA: / /

ITENS DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA											
EQUIPAMENTO	TAG	FIXAÇÃO	TEMPERATURA	RUIDO	VIBRAÇÃO	LIMPEZA	VEDAÇÃO	CONDIÇÕES GERAIS DE INTEGRIDADE	CONDUTORES ELÉTRICOS	ILUMINAÇÃO	LUBRIFICAÇÃO
ESTRUTURA DA ENCHEDORA	ECH-009-001-001										
MOTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-002										
REDUTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-003										
BOMBA DE VÁCUO	ECH-009-001-004										
VÁLVULAS DE ENCHIMENTO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-005										
MACACOS DE ELEVAÇÃO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-006										
HDE	ECH-009-001-007										
PAINEL DE CONTROLE	ECH-009-001-008										
INSTRUMENTAÇÃO	ECH-009-001-009										
LEGENDA:											
P - Equipamento Parado		OK - Situação Conforme (Sem Problemas)									
N - Situação Não Conforme (Problematika)											

EXECUTANTE: _____ GT. ÁREA: _____

Figura 1: Rota de inspeção
Fonte: Viana (2002)

- **Plano de lubrificação:**

Essencialmente, o roteiro de lubrificação segue a seguinte metodologia: definição do equipamento a ser lubrificado, definição do local de aplicação na peça e definição do lubrificante. Tal sequência lógica é tomada como base para a elaboração do plano de lubrificação e auxilia na organização dos recursos físicos (lubrificantes), realizando a compra e armazenamento de acordo com a demanda, e de recursos humanos (mão de obra) que irá realizar a manutenção.

- **Plano de intervenção preventiva:**

Para uma correta elaboração desse planejamento primeiro é necessário um estudo do equipamento, levando em consideração suas particularidades como por exemplos componentes que sofrerão maior desgaste, sua vida útil, o número de horas trabalhadas pelo equipamento, entre outros. Após esse estudo, deve-se mapear as medidas mantenedoras que mitiguem as potenciais falhas encontradas anteriormente e assim, criar uma rotina de manutenções preventivas contemplando tais medidas.

2.5 Moinhos agitadores de esferas

Os moinhos agitadores de esferas são os equipamentos para a produção de partículas finas ($< 30 \mu\text{m}$), ultrafinas ($\sim 1 \mu\text{m}$) e nanopartículas (Wang; Forsserbeg, 2007). Um moinho agitador de esferas consiste em um cilindro horizontal ou vertical que é carregado com esferas de moagem e uma suspensão contendo as partículas a serem moídas. Os principais componentes de um moinho são: câmara de moagem, eixo rotor, esferas de moagem e sistema de transmissão de potência.

A câmara de moagem ou cuba, é o cilindro o qual recebe os meios de moagem e a suspensão de partículas a serem moídas. Esse componente deve suportar os impactos sofridos no processo, por isso deve ser de metal de alta resistência como aços inoxidáveis ou aços temperados (Suryanarayana, 2001). Durante o processo, ela é preenchida com cerca de 60-90% do volume com as esferas de moagem. Um rotor movimenta a suspensão e as esferas, provocando colisões e transferência de energia das esferas para as partículas, por compressão, impacto e atrito ou cisalhamento, causando a fragmentação das partículas (OHENOJA, 2014).

O eixo do moinho e aquele que recebe a potência gerada pelo motor elétrico, nele possuem hastes que são posicionadas 90° umas das outras, elas servem para movimentar as esferas dentro do moinho gerando assim atrito e impacto. Do mesmo modo que o cuba, as hastes sofrem desgastes severos necessitando assim que o material delas seja de um metal de alta resistência como aços temperados.

As esferas de moagem, também chamadas de meios de moagem, são pequenas esferas que podem variar seu diâmetro tipicamente de 100 nm até 3 mm. Tais são feitas de aço, vidro ou material cerâmico, desde que o material que as compões possua densidade suficiente para criar uma força de impacto suficiente sobre o material e seja resistente a essa força. Além disso, recomenda-se que o material do meio seja mais duro e resistente com relação ao material a ser moído para evitar contaminação (SURYANARAYANA, 2001).

Por fim, tem-se o sistema de transmissão de potência, sendo este um sistema de configuração motor/haste muito particular para cada tipo de moinho. Nos moinhos de alta energia, onde a rotação pode variar de 100 até 650 rpm, a transmissão pode ser feita por engrenagens, polias/correias ou engrenagem/corrente tudo depende do projeto e dos parâmetros como torque e rotação. O sistema de controle de velocidade também pode ser feito por vários componentes como, por exemplo, CVT regulável, caixa de engrenagens, polias escalonadas e

inversores de frequência, sendo que cada sistema tem suas vantagens e limitações. Outro componente é o motor elétrico que deve ser dimensionado conforme a carga e torque que necessita para girar o moinho.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

Pode-se definir o trabalho como uma pesquisa quanto a abordagem quantitativa, uma vez que serão analisados dados numéricos através de modelagens matemáticas. Já quanto ao objetivo pode-se classificar a pesquisa como exploratória. Quanto aos procedimentos como estudo de caso.

3.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi adotada a metodologia descrita no fluxograma apresentado na figura 2.

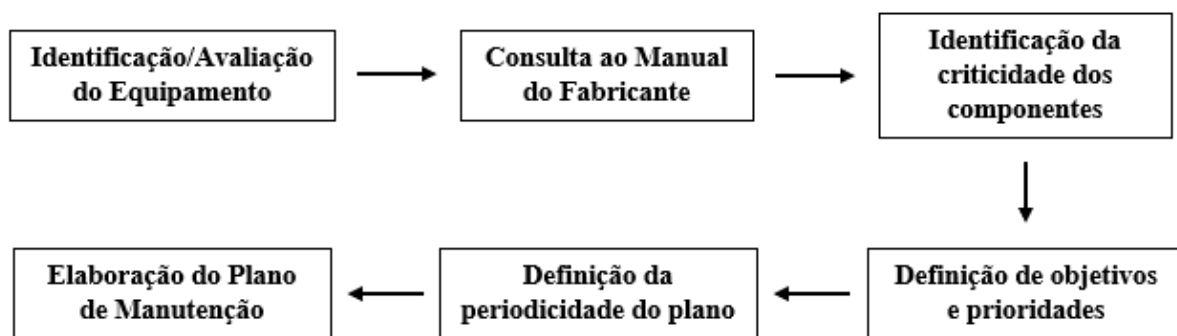


Figura 2: Fluxograma etapas de metodologia do trabalho.
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

A primeira etapa do desenvolvimento de um plano de manutenção consiste na identificação do equipamento para qual o mesmo será desenvolvido. Uma vez identificado o equipamento, é aconselhável que seja consultado o manual do fabricante sempre que possível, pois nele haverá informações e recomendações importantes para o plano de manutenção. Após esse estudo prévio será realizado um estudo da criticidade dos componentes que compõem o equipamento. Com as criticidades definidas, será a vez de definir os objetivos e prioridades do plano de manutenção, essas que devem estar alinhadas com a criticidade do equipamento e a capacidade da empresa. Após essas etapas, é realizada a definição do plano de manutenção, após sua definição, o mesmo é elaborado.

3.3 Variáveis e Indicadores

De acordo com a bibliografia apresentada e com a proposta do trabalho, definiu-se as seguintes variáveis e indicadores apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores do trabalho

Variáveis	Indicadores
PLANO DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none">- Tipos de Manutenção;- Ferramentas de Gestão da Manutenção;- Planejamento e Controle da Manutenção;- Tipo de Equipamento- Ordem de Serviços- Análise de Falhas- Peças de Reposição

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

3.4 Instrumento de coleta de dados

A coleta de dados do trabalho baseou-se em: planilhas de planejamento e controle da manutenção de moinhos de uma indústria química, checklists realizados nos equipamentos no ano de 2021 e registros de falhas e anomalias que os mesmos apresentaram no período citado anteriormente.

3.5 Tabulação de dados

A tabulação dos dados do presente trabalho baseia-se em planilhas do *Microsoft Excel* para a organização, comparação, geração de gráficos e obtenção de indicadores a partir dos dados coletados. Além disso, o *Microsoft Word* foi utilizado para registro dos resultados e análises obtidas.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a concretização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos estão de acordo com o objeto proposto na mesma.

No capítulo seguinte é apresentada a proposta de elaboração do plano de manutenção de moinhos de uma indústria química, apresentando também a empresa estudada e sua atuação no mercado de uma forma geral, bem como o modelo de manutenção utilizado pela mesma.

4 RESULTADOS

4.1 Características da Empresa/Setor

A empresa estudada faz parte do ramo de indústria química, mais especificamente voltada para a produção de insumos utilizados no ramo da celulose e papel. Dentre os produtos da empresa estão tintas, enzimas e sensibilizantes que auxiliam na produção de papéis de diferentes tipos e aplicações. Cada um desses produtos passa por processos e equipamentos específicos, a fim de se obter as propriedades desejadas. Exemplos de equipamentos utilizados são bombas, tanques misturadores, moinhos e centrífugas. A figura 3 mostra um fluxograma da relação dos equipamentos utilizados para produção de cada um dos produtos.

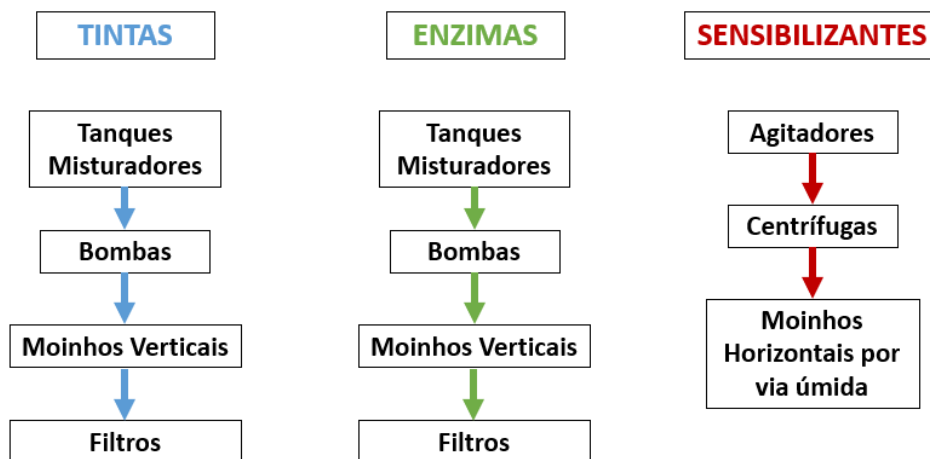


Figura 3: Organograma da empresa.
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

A partir da figura 3, percebe-se que os processos de produção para tintas e enzimas utilizam equipamentos em comum, porém cada processo produtivo possui suas peculiaridades, sendo elas desde a matéria prima até a condição de trabalho dos equipamentos. Já no processo produtivo de sensibilizantes, é possível visualizar a utilização de equipamentos diferentes como agitadores, centrífugas e moinhos horizontais por via úmida, sendo o último o objeto de estudo deste trabalho e que irá ser abordado de forma detalhada no capítulo 4.2.

A empresa possui um organograma onde os colaboradores são divididos em setores como: diretoria, administrativo, comercial, planejamento e controle da produção (PCP), controle da qualidade, desenvolvimento e pesquisa, produção e manutenção, conforme a figura

4. Cada um dos setores citados possui funções específicas, mas trabalham em conjunto para assegurar o desenvolvimento da empresa como um todo.

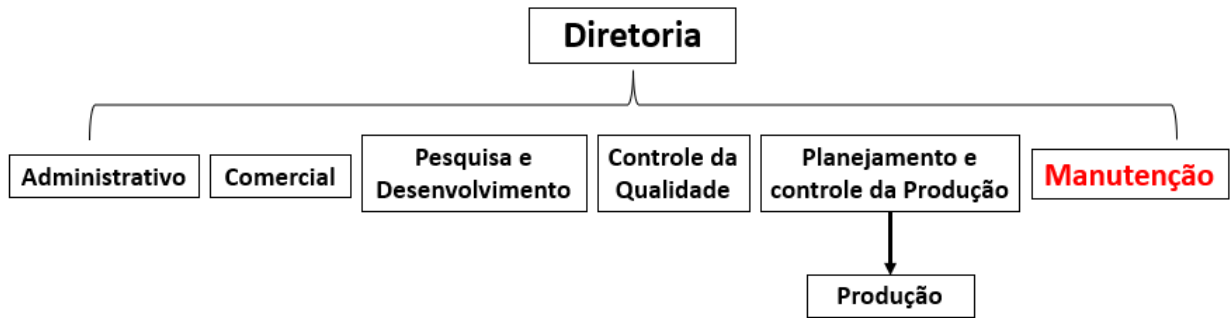


Figura 4: Organograma da empresa.
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

De acordo com o organograma da figura 4, observa-se a hierarquia dos setores da empresa, sendo o setor de diretoria o topo da hierarquia, comandando e delegando funções ao setor administrativo, que possui a função de administrar compras, gastos e os recursos humanos e materiais; ao setor comercial, responsável por realizar contato com os clientes, vendas e marketing, ao setor de pesquisa e desenvolvimento, cujo a função é o aprimoramento dos produtos e a busca por novas soluções, ao setor de controle da qualidade, responsável analisar e assegurar os padrões de qualidade dos produtos; ao setor de PCP, esse que possui a função de administrar como a produtividade da empresa e, baseando-se nas demandas, comandar os setores de produção, cuja função é realizar a produção e o setor de manutenção, responsável por realizar a manutenção dos equipamentos e assegurar a capacidade produtiva dos mesmos. A figura 5, mostra a organização do setor de manutenção, caracterizando os principais cargos que o compõem.

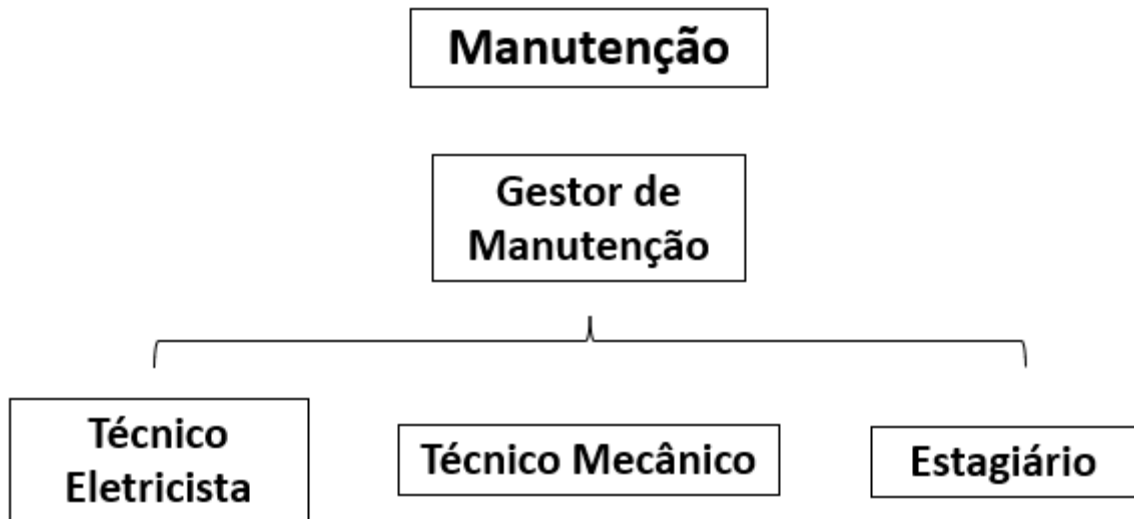


Figura 5: Organograma do setor de manutenção
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

No setor de manutenção, apresentado pela figura 5, tem-se a seguinte distribuição de cargos e funções: gestor de manutenção, responsável por analisar, organizar, administrar e distribuir as demandas do setor; técnico mecânico, responsável pela execução da manutenção mecânica dos equipamentos sob responsabilidade do setor; técnico eletricista, responsável pela execução da manutenção elétrica dos equipamentos; e estagiário, com a responsabilidade de abrir ordens de serviço, realizar controle dos ativos e suas manutenções preventivas, acompanhar as manutenções realizadas, realizar ordens de compra e acompanhar calibração dos equipamentos.

4.2 Descrição do equipamento estudado

O equipamento estudado faz parte de um sistema de moagem, tal sistema é composto por três (3) equipamentos distintos: tanque misturador, bomba helicoidal e moinho horizontal por via úmida, além de necessitar de um sistema de refrigeração auxiliar dada as características do produto. O sistema de moagem é utilizado pois, durante o processo produtivo, determinados produtos precisam atingir um nível de particulado para a próxima etapa produtiva ou para que o mesmo possa ser finalizado e aplicado. A figura 6 apresenta um exemplo de sistema de moagem e os equipamentos que o compõem.

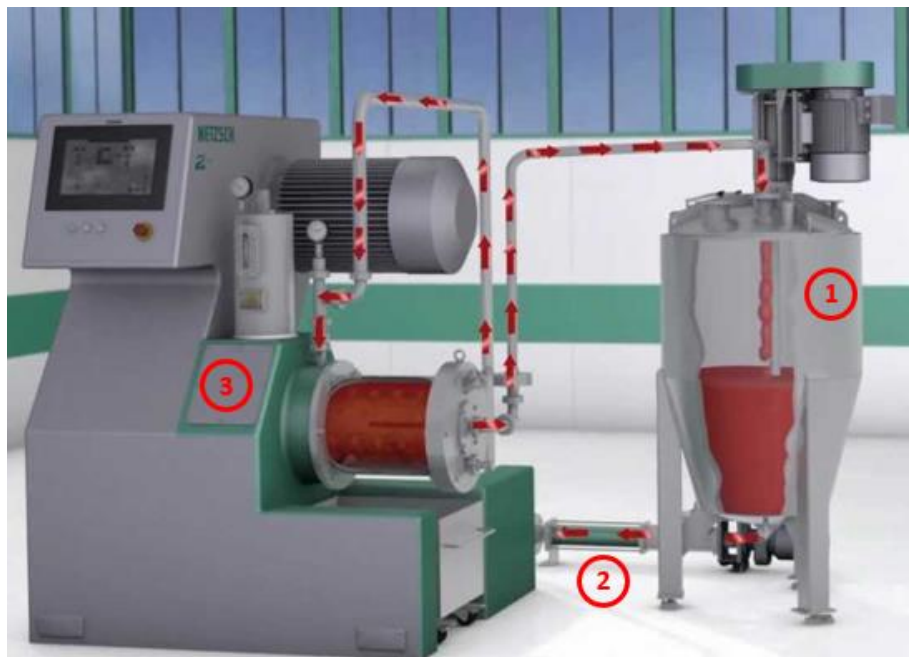


Figura 6: Sistema de moagem.

Fonte: NETZSCH Grinding & Dispersing (2012).

Legenda:

1 - Tanque misturador

2 - Bomba helicoidal

3 - Moinho horizontal por via úmida.

O processo de moagem consiste na redução do tamanho das partículas do produto. Para atingir o objetivo do processo, o produto percorre um ciclo onde a primeira etapa é passagem pelo tanque agitador, nessa etapa o produto será armazenado no tanque, que irá manter o produto disperso e ideal para que possa ser levado para segunda etapa. Através de uma bomba helicoidal, o produto é direcionado do tanque agitador até o moinho horizontal por via úmida, nele ocorre o choque mecânico das esferas do interior do moinho com os pinos anexados em seu rotor e o produto, proporcionando o particionamento das partículas do produto. O ciclo se repete até que seja atingido o nível de particulado desejado. A figura 5 mostra o interior da cuba do moinho.

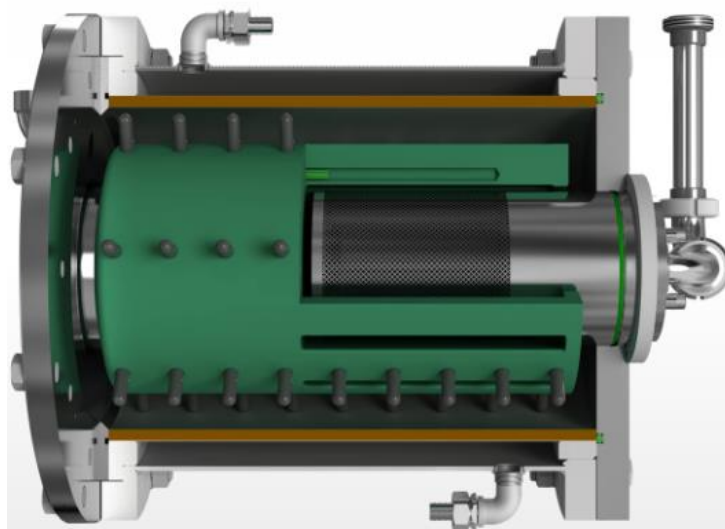


Figura 7: Interior da cuba do moinho.
Fonte: NETZSCH Grinding & Dispensing (2012).

O interior da cuba do moinho (figura 7), é composto por um rotor com pinos, uma abertura direcional para conduzir o produto à saída do moinho e uma peneira, para que as esferas que se localizam em seu interior não passem para a tubulação de saída do moinho. Além disso, devido às altas rotações do rotor e atrito resultante dos choques mecânicos, é natural que ocorra um aumento de temperatura, mas dadas as condições do produto, é necessário que esse aumento de temperatura seja evitado e controlado da melhor forma possível. Para atender tal demanda, utiliza-se um sistema de refrigeração na cuba do moinho realizado através de um chiller, sendo possível observar na figura acima as conexões para as tubulações de entrada e saída da água do sistema de refrigeração. Também é possível ver que a água desse sistema não se mistura com o produto, pois ambos estão separados por uma parede de cerâmica da cuba do moinho.

Dentre os componentes de um moinho horizontal por via úmida estão: motor elétrico, correias, rotor, selo mecânico, esferas, peneira, pressostato e termopar. Sendo assim, o plano de manutenção desse equipamento deve buscar manter em bom estado de conservação esses componentes, sendo necessária a análise do desgaste e vida útil de cada um deles.

4.3 Diagnóstico da manutenção do equipamento segundo a empresa

De acordo com os principais componentes de um moinho horizontal por via úmida citados anteriormente, a empresa elaborou o *check list* do equipamento baseado no padrão do exemplo conforme tabela 2.

Tabela 2 - Exemplo de Controle de Manutenção Preventiva de Moinhos Horizontais

CONTROLE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOINHOS HORIZONTAIS										
TAG DO EQUIPAMENTO:			MH - 001			PERIODICIDADE:			3 meses	
Data	Ação (Preventiva /Corretiva)	Motor	Correias	Selo Mecânico	Esferas	Rotor	Pressostato	Termopar	Peneira	Horas Trab.
01/03	Preventiva	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	3000
01/06	Corretiva	ok	Trocado	ok	ok	ok	ok	ok	ok	5000

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

O *check list* apresentado na tabela 2 indica que a equipe de manutenção deve realizar inspeções nos componentes do equipamento listados no documento e também que periodicidade de realização deve ser de três meses. Caso algum componente esteja não conforme, a equipe de manutenção deverá tomar uma ação corretiva ou preventiva, que será definida de acordo com a situação. Uma vez realizada a inspeção e tomadas as ações cabíveis, é realizado o registro no checklist, criando um histórico do equipamento.

Apesar de contemplar os principais componentes de um moinho, o *check list* descrito na tabela 2 não pode ser considerado um plano de manutenção, visto que o mesmo não contempla características importantes presentes em um plano de manutenção. Tais características são: Procedimento operacional padrão (POP), utilizado para definir não apenas a atividade a ser realizada, mas também por quem, como e quando ser realizada; o nível de criticidade dos componentes.

Além de não apresentar o plano de manutenção do equipamento, foi verificada a inexistência de um POP pré operacional destinado ao operador do equipamento. Tal documento possui importância por ser uma ferramenta auxiliar que busca prevenir erros de operação e encontrar indícios de falhas, evitando paradas não programadas e perdas maiores. Analogamente, também não há um detalhamento dos procedimentos que devem ser realizados tanto na inspeção dos componentes quanto em sua manutenção.

Por último, vale ressaltar que a empresa em questão não realizou a identificação dos equipamentos de forma clara, sendo identificadas discordâncias entre os documentos e

equipamentos sem informações, ocasionando erros de comunicação e dificuldades no preenchimento do *check list*.

4.4 Proposta de elaboração de um plano de manutenção

Para a elaboração da proposta de plano de manutenção de moinhos de indústria química foi seguida a metodologia abordada no capítulo 3.3 deste trabalho. Sendo assim, a primeira etapa consiste na identificação do equipamento cujo plano será elaborado e que, no caso estudado, é um moinho horizontal por via úmida. A partir disso, o próximo passo consiste na identificação desses equipamentos e dos processos produtivos que cada um deles irá desenvolver, uma vez que é comum na indústria química um mesmo tipo de equipamento estar sujeito a tipos diferentes de processos. Sendo assim, é sugerido o seguinte modelo de ficha de identificação de moinhos (tabela 3), juntamente com o tagueamento presente na imagem 8.

Tabela 3 - Exemplo de Ficha de Identificação de Moinhos

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE MOINHOS			
TAG DO EQUIPAMENTO:	MH-01	LOCAL:	Área de moagem
MODELO:	Neos 50	PROCESSO(S) PRODUTIVO(S):	Sensibilizante X
ANO:	2022	MOTOR:	WEG Y
FABRICANTE:	Netzsch	POTÊNCIA (W):	Z
EQUIPAMENTOS AGREGADOS:	Bomba 01, Tanque Misturador 01		

Fonte: Pesquisa Direta (2022).



Figura 8: Exemplo de TAG.
Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Com a etapa de identificação do equipamento concluída, inicia-se a análise individual de cada um deles e suas particularidades. Para isso, a equipe de manutenção deve realizar uma análise da criticidade dos componentes.

4.4.1.1 Análise da criticidade dos componentes

Para esse tipo de análise, deve-se levar em conta algumas informações como: manual do equipamento fornecido pelo fabricante, histórico de manutenções, histórico de falhas, relevância do componente para o correto funcionamento e outras possíveis particularidades do equipamento ou do processo. Diante dessas informações é possível chegar em um resultado preciso e que, após a aplicação do plano de manutenção deve ser reavaliado para uma segunda confirmação dos resultados, porém para o presente trabalho foi feita análise de criticidade dos componentes levando em consideração as características do produto. Os resultados são analisados na tabela 4.

Tabela 4 - Nível de Criticidade de Componentes de Moinhos

Componente	Nível de Criticidade do Componente				
	5	4	3	2	1
Motor	X				
Correias		X			
Selo Mecânico			X		
Eixo Rotor		X			
Pressostato		X			
Termopar		X			
Peneira					X
Esferas					X

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Na tabela 4 observa-se que os níveis de criticidade dos componentes foram classificados em 5 níveis diferentes, sendo o nível 5 o de maior e o nível 1 o de menor criticidade. De acordo com as características do equipamento estudado, foi classificado como componente mais crítico o motor, tal classificação se justifica por esse componente ser o principal do equipamento. Quanto às correias, eixo rotor, pressostato e termopar foram classificados como componentes de criticidade nível 4, sendo as correias e rotor componentes essenciais para o funcionamento do equipamento e o pressostato e termopar essenciais para o controle do processo, uma vez que pressões e temperaturas inadequadas podem comprometer todo o lote do produto. Já o selo mecânico, componente responsável por realizar a vedação do moinho foi classificado como componente de criticidade nível 3, o que se deve às suas características específicas e recomendações do fabricante. Por último, tem-se os componentes de menor criticidade, nível 1, que são as esferas e a peneira, sendo classificadas nesse nível de acordo com o seu baixo nível de impacto no processo e fácil manutenção.

4.4.1.2 Elaboração do plano de manutenção do equipamento

Para a elaboração da proposta do plano de manutenção de moinhos de uma indústria química foram considerados os principais componentes desse tipo de equipamento, sendo eles: motor, correias, selo mecânico, eixo rotor, pressostato, termopar, peneira e esferas. Baseando-

se em tais componentes e em suas respectivas criticidades, foi proposto o seguinte plano de manutenção apresentado nas tabelas 5.

Tabela 5 - Plano de manutenção de moinhos horizontais

PLANO DE MANUTENÇÃO DE MOINHOS HORIZONTAIS				
TAG DO EQUIPAMENTO	MH - 01	CÓDIGO DE REGISTRO DE MANUTENÇÕES		MH - 01 / 2022
INSPEÇÕES PRÉ OPERACIONAIS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Todos	01	Operador do Equipamento	Antes de todo start do equipamento
INSPEÇÕES PERIÓDICAS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Motor	02	Técnico Eletricista	Bimestral
	Correias	02	Técnico Mecânico	Bimestral
	Selo Mecânico	03	Técnico Mecânico	Trimestral
	Eixo Rotor	03	Técnico Mecânico	Trimestral
MANUTENÇÕES PREVENTIVAS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Motor	04	Técnico Eletricista	Semestral
	Correias	04	Técnico Mecânico	Semestral
	Selo Mecânico	05	Técnico Mecânico	Semestral
	Eixo Rotor	05	Técnico Mecânico	Semestral
	Pressostato	06	Técnico Eletricista	Anual
	Termopar	06	Técnico Eletricista	Anual

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

A tabela 5 apresenta o plano de manutenção proposto para o equipamento estudado. Neste modelo de plano de manutenção, é priorizado as informações principais como o tipo de atividade a ser realizada, sendo essas inspeções pré-operacionais, inspeções periódicas e manutenções preventivas; os componentes que devem ser analisados em cada atividade; o responsável técnico pela execução da atividade; a periodicidade da realização da atividade e o

número do P.O.P. da atividade. O procedimento operacional padrão (P.O.P.) é um documento auxiliar que deve ser consultado para a execução da atividade do plano de manutenção, nele constam informações de como realizar a atividade, evidenciando os passos que devem ser seguidos em uma ordem lógica, além de destacar o ferramental necessário para atividade.

Tal modelo de plano de manutenção tem como objetivo facilitar a leitura e interpretação, tornando mais fluido e lógico o fluxo das informações. Além disso, no cabeçalho do plano, é possível identificar o código do documento de registro de manutenções, documento esse que será apresentado mais detalhadamente no tópico 4.4.1.6.

4.4.1.3 P.O.P. pré operacional

Com o intuito de implantar a manutenção autônoma dentro do plano de manutenção, foi desenvolvido um procedimento operacional padrão pré operacional. Tal documento, apresentado na tabela 6, consiste no procedimento que deve ser seguido pelo operador antes de iniciar o trabalho com o equipamento, fazendo uma análise das condições do equipamento e averiguando possíveis anomalias que podem estar presentes no mesmo.

Tabela 6 - Procedimento Operacional Padrão - Pré Operacional

Procedimento Operacional Padrão - Pré Operacional			
Nº 01	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Produção	Procedimento	Inspeção pré-operacional de moinhos
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional padrão é garantir com que o equipamento entre em funcionamento somente após uma verificação prévia de que seus componentes estão prontos para a execução do trabalho.			
2. Materiais			
2.1 - Mangueira e esguicho			
2.2 - Chave nº18			
3. Procedimentos			
3.1 Verificação das válvulas			

Para iniciar o procedimento pré operacional, o operador deve realizar a verificação de todas as válvulas e se certificar se todas estão fechadas, além de averiguar possíveis vazamentos.

3.2 Limpeza da Peneira

Com a chave nº18, o operador deve abrir a cuba do moinho para realizar a limpeza da peneira em seu interior. Após a abertura, o operador deve realizar a limpeza com a aplicação de água por meio da mangueira com esguicho sobre a peneira. Após a limpeza, o operador deve seguir para a próxima etapa deste procedimento

3.3 Estado das esferas

Ainda com a cuba do moinho aberta, o operador deve verificar de forma visual o estado das esferas. Caso seja necessária a troca, o mesmo deve informar para seus supervisores e abrir uma O.S. para a equipe de manutenção realizar a troca, caso contrário deve seguir para a próxima etapa do procedimento.

3.4 Vedação do moinho

Com a peneira limpa e as esferas em bom estado, o operador deve fechar a cuba do moinho, apertando seus parafusos com a chave nº18 de forma adequada.

3.5 Correias e motor

O operador deve verificar por meio de inspeção visual a condição das correias, sempre com o equipamento desligado e mantendo distância segura. Caso verifique algum dano às correias, o operador deve abrir uma O.S. para que a equipe de manutenção realize as medidas necessárias.

3.6 Parâmetros de processo

O operador deve configurar os parâmetros do processo através do painel de comando do equipamento. Caso verifique alguma anomalia ou encontre alguma dificuldade, o operador deve entrar em contato com a equipe de manutenção para a abertura de uma O.S.

3.7 Abertura das válvulas

Após as inspeções iniciais, o operador deve realizar a abertura das válvulas do equipamento, ainda com ele desligado.

3.8 Temperatura do moinho

Nesta etapa o equipamento está apto a ser ligado e o operador deve realizar isso. O operador deve permanecer durante 5 minutos observando a temperatura do moinho. Caso a temperatura do moinho seja superior ao set point indicado o equipamento deve ser desligado e a equipe de manutenção acionada.

3.9 Pressão do moinho

Paralela a última etapa, o operador deve permanecer durante 5 minutos observando a pressão do moinho. Caso a pressão do moinho seja superior ao set point indicado o equipamento deve ser desligado e a equipe de manutenção acionada.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Esse tipo de procedimento descrito pela tabela 6 instrui o operador como realizar as inspeções prévias do equipamento, essas que apesar de mais simplificadas e relacionadas ao processo produtivo, podem auxiliar na gestão da manutenção do equipamento, uma vez que buscam garantir que o equipamento só opere nas condições de trabalho propostas.

4.4.1.4 P.O.P. de inspeção periódica dos componentes

Como foi descrito anteriormente, pode-se dizer que um moinho possui basicamente oito componentes, sendo eles: motor, correias, selo mecânico, rotor, pressostato, termopar peneira e esferas. Sendo assim, de forma análoga ao procedimento padrão pré operacional, cada componente deve possuir um P.O.P, agora destinado à equipe de manutenção, detalhando como realizar a inspeção periódica do componente em questão. Tais procedimentos são apresentados na tabela 7, referente a inspeção de motor e correias, e na tabela 8, que se refere à inspeção do eixo rotor e selo mecânico

Tabela 7 - Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de motor e correias

Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de motor e correias			
Nº 02	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Manutenção	Procedimento	Inspeção de motor e correias
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional padrão é averiguar por meio de inspeção visual o estado dos componentes do moinho			
2. Materiais			
2.1 - Estopa e flanela			
3. Procedimentos			
3.1 Carcaça			
Para iniciar o procedimento de inspeção de motor e correias, o técnico eletricista deve verificar o estado de limpeza do motor, removendo poeiras e óleos superficiais.			
3.2 Interruptor de partida			
O técnico eletricista deve verificar o estado do interruptor de partida e buscar por possíveis ligações			

soltas.
3.3 Mancais e rolamentos
O técnico mecânico deve verificar se o nível de óleo nos mancais e rolamentos está dentro das condições de trabalho. Além disso, deve ser avaliada a necessidade de limpeza dos mancais.
3.4 Correias
O técnico mecânico deve verificar por meio de inspeção visual a condição das correias, sempre com o equipamento desligado e mantendo distância segura. Também deve ser avaliada se a tensão das correias é a adequada.

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Tabela 8 - Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de eixo rotor e selo mecânico

Procedimento Operacional Padrão - Inspeção de eixo rotor e selo mecânico			
Nº 03	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Manutenção	Procedimento	Inspeção de eixo rotor e selo mecânico
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional padrão é averiguar por meio de inspeção visual o estado dos componentes do moinho			
2. Materiais			
2.1 - Chave nº 18			
3. Procedimentos			
3.1 Alinhamento do eixo rotor			
Por meio de inspeção visual, o técnico mecânico deve analisar o eixo rotor a fim de verificar e assegurar seu alinhamento.			
3.2 Pinos do eixo rotor			
Para realizar esta etapa o técnico mecânico deve abrir a cuba do moinho, desparafusando os parafusos de fixação da mesma. Com a cuba aberta, é necessário que o técnico realize uma inspeção visual do desgaste dos pinos do eixo rotor. Caso o desgaste seja grande, a troca é necessária. Após a finalização do serviço, o técnico deve fechar a cuba, parafusando novamente os parafusos.			
3.3 Selo Mecânico			
O técnico mecânico deve verificar se o há resquícios de vazamento no selo mecânico do moinho. Caso haja, é necessária a troca do componente e um estudo das possíveis causas			

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

4.4.1.5 P.O.P. de manutenção preventiva dos componentes

Com o detalhamento das inspeções periódicas, o próximo passo é para a elaboração da proposta de plano de manutenção de moinhos é a apresentação dos procedimentos operacionais padrões referentes a manutenção preventiva. Nas tabelas 9, 10 e 11 estão as propostas de medidas preventivas de cada componente do equipamento.

Tabela 9 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva de motor e correia

Procedimento Operacional Padrão - Manutenção de motores e correias			
Nº 04	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Manutenção	Procedimento	Manutenção de motores e correias
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional instruir o responsável como realizar a manutenção preventiva dos componentes do moinho			
2. Materiais			
2.1 - Flanela			
2.1 - Chave adequadas para cada modelo de motor			
2.1 - Escova			
3. Materiais de Consumo			
3.1 - Óleo para mancal			
3.2 - Graxa para rolamento			
3.4 - Escova de motor			
3.3 - Correias			
4. Procedimentos			
4.1 Limpeza do motor			
Para realização dessa etapa, o técnico mecânico deve-se desmontar o motor para realizar a limpeza do mesmo, removendo a sujeira dos enrolamentos, do comutador e das escovas. Tal limpeza deve ser realizada com cuidado com o auxílio de uma escova macia, a fim de não danificar os componentes. Após a limpeza, a próxima etapa do procedimento deve ser seguida.			
4.2 Substituição das escovas			

Ainda com o motor aberto, o técnico mecânico deve realizar a troca das escovas do motor. Após a realização da troca de forma adequada, o técnico mecânico deve assumir a frente da manutenção para as próximas etapas

4.4 Óleo dos mancais de deslizamento

O técnico mecânico deve realizar a devida lubrificação nos mancais do motor.

4.5 Graxa dos rolamentos de esferas ou rolos

Deve-se realizar a troca da graxa dos rolamentos do motor. Após essa etapa, deve-se fechar novamente o motor

4.6 Verificar vibração

O técnico mecânico deve verificar se há indícios de vibrações anormais. Para isso, é ligado o motor e verifica de forma visual a vibração. Caso seja constatada uma vibração anormal, deve-se estudar as possíveis causas e solucionar o problema.

4.6 Verificar fundação e fixação do motor

Por fim, o técnico mecânico deve retornar o motor para o equipamento, realizando a fixação do mesmo e assegurando que esta seja feita de forma correta

4.7 Troca das correias

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Tabela 10 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva de motor e correia

Procedimento Operacional Padrão - Manutenção de eixo rotor e selo mecânico			
Nº 05	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Manutenção	Procedimento	Manutenção de eixo rotor e selo mecânico
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional instruir o responsável como realizar a manutenção preventiva dos componentes do moinho			
2. Materiais			
2.1 - Chave nº18			
2.2 - Chave Allen nº10			
2.3 - Flanela			
2.4 - Glicerina			
3. Materiais de Consumo			
3.1 - Porta selo mecânico			

3.2 - Selo mecânico
3.4 - Anel centrifugador
3.5 - Eixo de ligação
3.6 - Pinos do eixo rotor
3.7 - Pasta anti emperrante
4. Procedimentos
4.1 Pinos do eixo motor
Para realização dessa etapa, o técnico mecânico deve-se desmontar abrir a cuba do moinho. Com ela aberta e com o auxílio de uma chave allen nº10 o técnico deve realizar a troca dos pinos do eixo motor que estão com desgaste acentuado. Ao final da atividade, deve-se fechar a cuba do moinho.
4.2 Montagem Selo Mecânico
O técnico mecânico deve aplicar glicerina na parte externa do anel estacionário e posicioná-lo com a face lapidada para cima no selo mecânico, depois é necessário remover o excesso de glicerina com a flanela. A próxima etapa de montagem é a aplicação de glicerina no eixo de ligação para montar o anel giratório, o selo mecânico e o anel centrifugador respectivamente
4.3 Troca do Selo Mecânico
O técnico mecânico deve remover o selo mecânico antigo do equipamento. Após essa etapa, o mesmo deve montar o novo selo, passando pasta anti emperrante no eixo de acionamento, posicionando o conjunto eixo de ligação e eixo de acionamento e, por último, colocando o pino cilíndrico e posicionando o anel centrifugador

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

Tabela 11 - Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva/calibração de pressostato e termopar

Procedimento Operacional Padrão - Manutenção preventiva/calibração de pressostato e termopar			
Nº 07	Data da Elaboração: 22/07/2022	Revisão: 01	Data da Revisão: 22/07/2022
Área	Manutenção	Procedimento	Manutenção preventiva/calibração de pressostato e termopar
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional instruir o responsável como realizar a manutenção preventiva dos componentes do moinho			
2. Materiais			
-			

3. Materiais de Consumo
-
4. Procedimentos
4.1 Calibração pressostato
A equipe de manutenção deve se atentar para a data de vencimento da última calibração do aparelho. Caso essa esteja vencida, deve-se contatar uma empresa terceira para realizar tal calibração do sensor
4.2 Calibração termopar
A equipe de manutenção deve se atentar para a data de vencimento da última calibração do aparelho. Caso essa esteja vencida, deve-se contatar uma empresa terceira para realizar tal calibração do sensor

Fonte: Pesquisa Direta (2022).

4.4.1.6 Registro de Manutenções

Por fim, com a definição das atividades do plano de manutenção, suas devidas periodicidades e responsáveis, bem como a definição do procedimento a ser seguido, resta realizar o registro das atividades realizadas e confrontá-las com o planejamento inicial. Essa etapa possui grande importância por ser a validação de efetividade do plano de manutenção e permitir, a partir da análise do histórico do equipamento, a realização de melhorias e adequações do plano de manutenção. Com esse intuito, foi proposto o seguinte modelo de registro de manutenções apresentado na tabela 12.

Tabela 12 - Registro de manutenções

REGISTRO DE MANUTENÇÕES															
TAG DO EQUIPAMENTO		MH - 01		CÓDIGO DE REGISTRO DE MANUTENÇÃO				MH - 01 / 2022							
ATIVIDADE	COMP.	MÊS												REG.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
INSPEÇÕES PERIÓDICAS	Motor		■		■		■		■		■		■	PROGRAMADO	
															EXECUTADO
	Correias		■		■		■		■		■		■	PROGRAMADO	
															EXECUTADO
	Selo Mecânico			■			■			■			■	PROGRAMADO	
															EXECUTADO
Eixo Rotor			■			■			■			■	PROGRAMADO		
														EXECUTADO	
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	Motor						■						■	PROGRAMADO	
															EXECUTADO
	Correias							■						■	PROGRAMADO
															EXECUTADO
	Selo Mecânico							■						■	PROGRAMADO
															EXECUTADO
	Eixo Rotor							■						■	PROGRAMADO
															EXECUTADO
	Pressostato													■	PROGRAMADO
															EXECUTADO

5 CONCLUSÃO

5.1 Conclusão

A monografia teve como objetivo geral a elaboração de uma proposta de plano de manutenção preventivo para moinhos de uma indústria química. Pensando nesse objetivo geral, foram definidos como objetivos específicos a realização de um estudo teórico sobre manutenção, a elaboração de uma metodologia para a elaboração do plano a partir desse estudo e, baseado na comparação entre o diagnóstico da empresa estudada e a base teórica foi realizada a proposta de um plano de manutenção.

A proposta não foi aplicada dentro da empresa para uma real constatação de melhoria nos resultados, mas a partir do estudo realizado é possível prever que a chance de aplicação é alta e com potencial para resultados positivos, uma vez que os dados coletados foram reais e que o nível de detalhamento das atividades bem como a periodicidade de realização das mesmas foi definido de forma muito mais clara e intuitiva. Além disso, com a aplicação da proposta, é possível obter um banco de dados do ativo e a partir desse banco de dados propor melhorias e adequações ao plano, algo inexistente no padrão de manutenção adotado pela empresa atualmente.

Vale ressaltar que assim como toda implementação de melhorias, para que a proposta seja implementada efetivamente na empresa é necessário que haja treinamentos para instruir todos os colaboradores ao novo modelo de gestão. Outro fator importante é a implementação da proposta dentro da cultura organizacional da empresa, para que de fato o plano de manutenção seja seguido, respeitado e utilizado de forma coerente.

Portanto, conclui-se que o presente trabalho atingiu o objetivo geral proposto, bem como seus objetivos específicos, tendo boas perspectivas de resultados após uma futura implementação da proposta.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Com o encerramento deste trabalho de elaboração de um plano de manutenção de preventiva para moinhos de uma indústria química, surgem algumas propostas de continuidade:

- Análise da eficiência do plano de manutenção;
- Realização de melhorias no plano de manutenção baseadas em sua análise de eficiência;
- Realização de um plano de manutenção para os demais equipamentos que compõem o sistema de moagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRAL, José Paulo. **Organização e Gestão da Manutenção: Dos Conceitos à Prática**. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Ltda, 2004
- DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação SA, 2018.
- FOGLIATO, Flávio; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier Brasil, 2009.
- GALEMBECK, Fernando et al. **Indústria química: evolução recente, problemas e oportunidades**. Química nova, v. 30, n. 6, p. 1413-1419, 2007.
- LIMA, Byanca Porto et al. **Análise para implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de locação de equipamentos para construção civil**. Cadernos UniFOA Especial Eng. Produção, Volta Redonda, n. 2, p. 15-39, ago. 2015.
- MAIA, Maria Aridenise Macena. **Metodologia de intervenção para padronização na execução de edifícios**. 1994. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994
- NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva-vol. 1**. Editora Blucher, 2014.
- NETZSCH. Grinding & Dispersing. 2012. Disponível em: <<https://grinding.netzsch.com/pt-BR/produtos-and-solucoes/moagem-a-umido/sistema-de-moagem-neos>>. Acesso: 20/07/2022
- NETZSCH. Grinding & Dispersing. 2012. Disponível em: <<https://grinding.netzsch.com/pt-BR/produtos-and-solucoes/moagem-a-umido/moinho-agitador-zeta-tipo-lmz>>. Acesso: 20/07/2022
- OHENOJA, K. **Particle size distribution and suspension stability in aqueous submicron grinding of CaCO₃ and TiO₂**. 86 p. Doktoral Thesis, (Faculty of Technology) - University of Oulu, Finland, 2014
- SANTOS, Beatrice Paiva et al. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades**. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.
- SOERIO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da manutenção**. Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SURYANARAYANA, Cury. **Mechanical alloying and milling**. Progress in materials science, v. 46, n. 1-2, p. 1-184, 2001.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

WANG, Y.; FORSSBERG, E. **Enhancement of energy efficiency for mechanical production of fine and ultra-fine particles in comminution**. China Particuology, v. 5, n. 3, p. 193–201, 2007.

XENOS, Harilaus G. Gerenciando a manutenção produtiva. **Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial**, v. 171, 1998.