

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**GILBERTO JÚNIOR DOS SANTOS MOURA**

**APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO  
EM UMA FÁBRICA DE CIMENTO**

**Bagé  
2022**

**GILBERTO JÚNIOR DOS SANTOS MOURA**

**APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO  
EM UMA FÁBRICA DE CIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Vanderlei Eckhardt

**Bagé  
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M929a Moura, Gilberto Júnior dos Santos  
Aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção em uma  
Fábrica de Cimento / Gilberto Júnior dos Santos Moura.  
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2022.

"Orientação: Vanderlei Eckhardt".

1. Planejamento e Controle da Manutenção. 2. Técnicas de  
Manutenção. 3. FMEA. 4. Mapa 52 Semanas da Manutenção. I.  
Título.

**GILBERTO JÚNIOR DOS SANTOS MOURA**

**APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO  
EM UMA FÁBRICA DE CIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 02/02/2023.

Banca examinadora:



Assinado eletronicamente por **VANDERLEI ECKHARDT, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/02/2023, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CESAR ANTONIO MANTOVANI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/02/2023, às 12:59, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **RUI ROSA DE MORAIS JUNIOR, Técnico de Laboratório Área - SL-BAGE**, em 06/02/2023, às 18:54, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1033927** e o código CRC **F868D174**.

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e fortalecendo a seguir em frente nesta jornada. Ao meu orientador em disponibilizar sua atenção e compartilhar seus conhecimentos para a construção deste projeto.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha família, que sempre acreditou, sempre apoiou e estiveram juntos em todos os momentos da minha vida, principalmente naqueles onde as dificuldades pareceram ser gigantes, mas com a energia positiva que recebi, pude enfrentar e superar as circunstâncias.

Agradeço ao meu pai que sempre me incentivou a seguir em frente e correr atrás dos meus sonhos dando toda motivação e amor que um pai poderia dar a um filho.

A minha mãe, a minha eterna gratidão e orgulho por compartilhar momentos como este e esta conquista também pertence a ela.

Aos professores pela paciência, pela partilha de conhecimento, pelos ensinamentos, pela luta diária exercendo seu profissionalismo de maneira tão brilhante que levarei com todo carinho a minha eterna gratidão e honra àqueles que lapidaram com capricho e atenção o profissional que me tornei.

A todos os colegas de curso que compartilhei experiências durante esses anos de estudos onde nos deparamos em momentos de dificuldades, frustrações, mas no final desta jornada colhemos os frutos da felicidade que plantamos com toda dedicação e comprometimento.

*“As raízes dos estudos são amargas, mas seus frutos são doces”.*

Aristóteles

## RESUMO

O cenário empresarial cuja competitividade define a posição de destaque da companhia, a manutenção representa um dos fatores determinantes no sucesso dos resultados. O gerenciamento de manutenção e de suas informações são essenciais às estratégias, pois é por meio da manutenção que é possível antecipar-se e evitar falhas que poderiam ocasionar paradas imprevistas. Diante deste cenário, o Planejamento e Controle da Manutenção é o setor responsável em gerenciar e controlar todas as atividades de manutenção, promovendo, assegurando e garantindo a elevação da confiabilidade e disponibilidade dos ativos da empresa. O presente trabalho tem por objetivo a aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção nos equipamentos de uma fábrica de cimento, com o intuito de definir as técnicas de manutenção ideais no sistema produtivo. A metodologia de pesquisa utilizada foi de estudo de caso, onde por meio de entrevistas com funcionários e a pesquisa de documentos registrados por gestores permitiram o levantamento das informações sobre os processos envolvidos na produção de cimento. Foi realizada a delimitação e descrição do sistema produtivo em estudo, para aplicar a ferramenta FMEA e a Análise de Criticidade. A partir da aplicação da Análise dos Modos, Efeitos e Criticidade de Falhas para a decisão que relacionou a criticidade dos equipamentos e o risco de falhas para os subsistemas da moagem de cimento, foi possível identificar quais técnicas de manutenção devem ser aplicadas aos equipamentos operantes. A técnica preditiva de manutenção foi indicada para 35% dos equipamentos listados, enquanto a preventiva apresentou 41% e a corretiva planejada 24%. Portanto, com base no percentual de técnicas de manutenção, foi apresentado o mapa de 52 semanas da manutenção com a finalidade de orientar os períodos adequados para a execução das manutenções.

Palavras-Chave: Planejamento e Controle da Manutenção. Técnicas de Manutenção. FMEA. Mapa de 52 Semanas da Manutenção.



## ABSTRACT

The business scenario whose competitiveness defines the company's outstanding position, maintenance represents one of the determining factors in the success of results. Maintenance management and its information are essential to strategies, as it is through maintenance that it is possible to anticipate and avoid failures that could cause unforeseen stops. Given this scenario, Maintenance Planning and Control is the sector responsible for managing and controlling all maintenance activities, promoting, ensuring, and guaranteeing increased reliability and availability of the company's assets. The objective of this work is the application of Maintenance Planning and Control in the equipment of a cement factory, in order to define the ideal maintenance techniques in the production system. The research methodology used was a case study, where through interviews with employees and the research of documents registered by managers allowed the collection of information about the processes involved in the production of cement. The delimitation and description of the productive system under study was carried out, to apply the FMEA tool and the Criticality Analysis. From the application of the Analysis of Modes, Effects and Criticality of Failures to the decision that related the criticality of the equipment and the risk of failures for the cement grinding subsystems, it was possible to identify which maintenance techniques should be applied to the operating equipment. The predictive maintenance technique was indicated for 35% of the listed equipment, while the preventive technique presented 41% and the corrective planned 24%. Therefore, based on the percentage of maintenance techniques, the 52-week maintenance map was presented to guide the appropriate periods for performing maintenance.

**Keywords:** Maintenance Planning and Control. Maintenance Techniques. FMEA. Map of 52 Weeks of Maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do Processo Produtivo do Cimento.....	16
Figura 2 – Evolução das Técnicas de Manutenção.....	21
Figura 3 – Modelos de Manutenção e suas Definições.....	25
Figura 4 – Curva de Potencial de Falha x Manutenção Preventiva.....	27
Figura 5 – Gestão Estratégica de Manutenção .....	31
Figura 6 – Quantidade de Equipamentos Conforme o Nível de Criticidades .....	36
Figura 7 – Modelo de Formulário FMEA .....	39

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Classes, RPN's e Número de Equipamentos.....	48
Tabela 2 – Níveis, Número de Equipamentos e Percentual .....	48
Tabela 3 – Técnicas de Manutenção aos Equipamentos Analisados .....	50
Tabela 4 – Indicadores de Desempenho da Manutenção .....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso .....	18
Quadro 2 – Exemplo de Análise de Criticidade .....	34
Quadro 3 – Classificação RPN.....	37
Quadro 4 – Matriz de Decisão de Técnicas de Manutenção.....	49
Quadro 5 – Regras de Ouro da Manutenção .....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland  
ABDI – Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CLP – Comandos Lógicos Programáveis  
CADE – Conselho Administrativo de Defesa Econômica  
FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*  
MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade  
MTBF – *Mean Time Between Failure*  
MTTR – *Mean Time to Repair*  
NBR – Norma Brasileira  
PCM – Planejamento e Controle da Manutenção  
RPN – *Risk Priority Number*  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 A Produção do Cimento .....	15
1.2 Justificativa .....	16
1.3 Objetivo Geral .....	17
1.4 Objetivos Específicos .....	18
1.5 Estrutura do Projeto .....	18
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....	20
2.1 Conceito de Manutenção .....	20
2.1.1 Evolução da Manutenção .....	20
2.1.2 Conceituando Manutenção .....	23
2.1.2.1 Tipos de Manutenção .....	24
2.1.3.1 Manutenção Corretiva .....	25
2.1.3.2 Manutenção Preventiva .....	26
2.1.3.3 Manutenção Preditiva .....	28
2.1.3.4 Manutenção Detectiva .....	29
2.1.4 Engenharia de Manutenção .....	29
2.1.5 Estratégias de Manutenção .....	30
2.1.6 Conceito de Planejamento e Controle da Manutenção .....	31
2.1.6.1 Objetivos do Planejamento e Controle da Manutenção .....	32
2.1.6.2 Confiabilidade .....	32
2.1.6.3 Disponibilidade .....	33
2.1.6.4 Manutenibilidade .....	33
2.1.7 Matriz de Criticidade de Equipamentos .....	33
2.1.8 Análise dos Modos e Efeitos de Falha .....	35
2.1.9 Indicadores de Desempenho .....	38

2.1.9.1 Backlog .....	39
2.1.9.2 Cumprimento de Programação .....	40
2.1.10 Mapa de 52 Semanas da Manutenção.....	39
3 METODOLOGIA .....	41
3.1 Caracterização da Pesquisa .....	41
3.2 Limitações do Método .....	42
3.3 Procedimentos Metodológicos .....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	45
4.1 Descrição do Sistema .....	44
4.2 Análise dos Modos, Efeitos e Criticidade de Falhas.....	46
4.3 Documentação das Atividades de Manutenção .....	48
4.4 Controle das Atividades de Manutenção.....	50
4.5 Mapa de 52 Semanas da Manutenção.....	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICES.....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente competitividade industrial, as empresas buscam a melhoria contínua a fim de atingir seus objetivos de mercado. Deste modo, intensificar todas as áreas e seus setores com foco em excelência operacional é possível extrair o melhor aproveitamento de *performance* uma vez necessários à competição, isto é, são relevantes a quantidade, o custo e a qualidade dos recursos (DI SERIO ; VASCONCELLOS, 2017).

Para Teles (2018) a manutenção deve ser considerada estratégica para os resultados dos negócios, ou seja, através da manutenção é possível antecipar-se e impedir as falhas que poderiam ocasionar paradas imprevistas dos equipamentos produtivos e evitar com que a empresa tenha grandes prejuízos. Além disso, é possível detectar uma situação em que haja expectativa de falha e programar uma intervenção em oportunidade mais apropriada, sem prejudicar os compromissos de produção assumidos. Assim, quando se fala em eficiência e eficácia no setor de manutenção, é quando os ativos estão disponíveis, se mantêm confiáveis e isso não custa caro para empresa.

Para Kardec e Nascif (2009) a manutenção para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. Sobretudo, precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas reparar o equipamento ou instalar tão rápido quanto possível, mas é preciso principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo assim a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT NBR 5462/94). Basicamente, as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causadas pelo seu desgaste natural e pelo uso (XENOS, 1998).

Um equipamento atuando em suas funções operacionais pode apresentar duas situações de *performance*, isto é, em perfeitas condições de funcionamento ou totalmente quebrado. Portanto, quando um equipamento está produzindo abaixo das suas condições ideais, pode-se considerar o fato de estar indicando falhas operacionais. Dependendo das funções exigidas do equipamento, estas



circunstâncias intermediárias podem ou não ser vistas como falha. Desta forma, as falhas devem estar sempre associadas a parâmetros mensuráveis ou indicações claras, para que os critérios de falha não sejam ambíguos (XENOS, 1998).

A falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar sua função durante um período, quando o item deverá ser reparado ou substituído (ABNT NBR 5462/94).

Para Teles (2018), o departamento de manutenção deixou de ser visto como um setor que gera despesas e passou a ser visto como um setor que gera resultados. Portanto, pôde-se concluir que há virtudes de um bom gerenciamento pois o fato de ser possível detectar as falhas ainda em seu estágio inicial onde é mais barato e seguro de corrigi-las, justifica-se devido a não interrupção do processo de produção por paradas emergenciais. Além do mais, diante das premissas que definem o setor de manutenção como fonte de resultados, o departamento de Planejamento e Controle da Manutenção comprova ser uma dessas premissas pois é considerado o núcleo estratégico do setor, para garantir a disponibilidade e confiabilidade dos ativos.

## 1.1 A Produção do Cimento

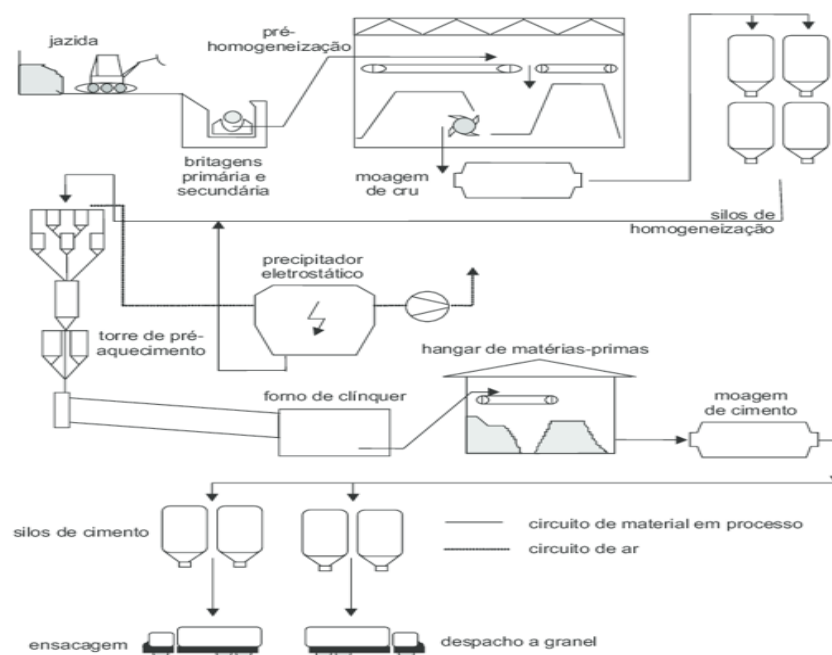
De acordo com o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE, 2019), a existência de normas técnicas dos tipos de cimento estabelece padrões para descrever as especificações de determinado tipo de produto. Logo, permitem que o cimento seja considerado uma mercadoria industrial disputada globalmente, sendo ofertado e consumido por todos os países como um bem fungível. Nesse mercado cimenteiro, não existe a diferenciação por marca, por produtor, por local de origem, logo, o cimento é um *commodity*.

Para a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2012), o cimento é um material diretamente ligado à construção civil, pois representa o principal componente do concreto, material essencial para o desenvolvimento da infraestrutura do país, sendo utilizado para a construção de estradas, pontes, sistemas de abastecimento de água, tratamento de esgoto, escolas, hospitais e habitação. Além de sua enorme importância econômica, o processo de produção

tem contribuído para a solução de vários problemas ambientais, isto é, o aproveitamento de inúmeros resíduos industriais como matéria-prima ou combustível aos fornos de produção do cimento. Entre os combustíveis alternativos destacam-se o coprocessamento de resíduos, o uso de biomassa e o gás natural, conforme a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (2012).

Quanto ao uso de materiais em substituição parcial ao clínquer, o Brasil apresenta uma situação bastante favorável, com uma das mais baixas taxas de utilização de clínquer no mundo, registrando 66,9% em 2013. A redução adicional dessa taxa depende da disponibilidade de cinzas oriundas de termoelétricas e escória de alto-forno siderúrgico, materiais cujas características permitem sua utilização como substitutos parciais ao clínquer (ABDI, 2013). A Figura 1 apresenta o processo produtivo do cimento.

Figura 1 – Esquema do processo produtivo do cimento



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2012).

## 1.2 Justificativa

A indústria do cimento, conforme o avanço tecnológico do processo produtivo, têm-se concentrado em áreas de automação industrial e controle de processo.

Portanto, os avanços tecnológicos contribuíram para o desenvolvimento do conceito de alto desempenho na produção de cimento.

De acordo com Foggiato (2009), diante da economia globalizada, o aumento da demanda de produtos como resultado deste avanço econômico gerou a necessidade de sistemas produtivos de melhor desempenho a custos competitivos. Concomitantemente, a necessidade de reduzir a probabilidade de falhas em equipamentos, resultou em uma ênfase crescente em sua confiabilidade.

Para Kardec e Nascif (2009), uma unidade de alta performance é o fruto de uma economia mais globalizada, que induz a busca de maior competitividade, além das exigências cada vez maiores da sociedade com relação às questões de saúde, segurança e meio ambiente.

A produção de cimento é um dos principais processos de manufatura do mundo, onde o conjunto de equipamentos envolvidos ao sofrerem uma parada, podem gerar custos gigantescos à produção e conseqüentemente grandes perdas para empresa.

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), as vendas encerraram o ano de 2022 com 63,1 milhões de toneladas do insumo comercializadas no país. O resultado representa uma queda 2,8% em comparação ao ano de 2021. Isso se deve ao fato de a inflação do setor imobiliário apresentar significativa queda no número de lançamentos, o que justificou a procura do consumidor por apartamentos, pois com o aumento do preço do cimento, gerou o aumento dos custos da produção.

A realização deste trabalho buscou, por meio de uma análise detalhada, como o planejamento e controle da manutenção foi elaborado, quais técnicas de manutenção foram executadas para maior confiabilidade e disponibilidade dos ativos envolvidos na produção de cimento.

### **1.3 Objetivo Geral**

Este trabalho possui como objetivo geral a aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção nos componentes mecânicos do processo de moagem e expedição do cimento.

## 1.4 Objetivos Específicos

- a) Descrição do sistema em estudo;
- b) Realizar a Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) dos equipamentos do sistema;
- c) Realizar a Matriz de Criticidade dos equipamentos do sistema;
- d) Definir as técnicas de manutenção adequadas ao sistema;
- e) Realizar o levantamento dos indicadores de desempenho da manutenção;
- f) Elaborar o mapa de 52 semanas da manutenção dos equipamentos do sistema.

## 1.5 Estrutura do Projeto

Este projeto está dividido em 5 capítulos, conforme a seguinte sequência:

- a) Capítulo 1: Introdução;
- b) Capítulo 2: Conceitos Gerais e Revisão Literária;
- c) Capítulo 3: Metodologia;
- d) Capítulo 4: Resultados e Discussões;
- e) Capítulo 5: Considerações Finais.

A estrutura do trabalho e o conteúdo retratado em cada capítulo é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso

Capítulo 1	<b>INTRODUÇÃO:</b> apresentação dos assuntos desenvolvidos, a contextualização dos problemas específicos que ocorrem na empresa, justificativa com base nos problemas específicos, análise da pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos.
Capítulo 2	<b>CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA:</b> conceituação dos principais tópicos referentes ao tema em questão, por meio de uma revisão de literatura de diversos autores e obras científicas como livros, artigos, dissertações e teses.

Continuação

Conclusão

Capítulo 3	<b>METODOLOGIA:</b> apresentação do método de pesquisa desenvolvido e usufruído no intuito de atingir os objetivos destacados, assim como os procedimentos metodológicos aproveitados.
Capítulo 4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES:</b> apresentação e discussão dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia.
Capítulo 5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS:</b> conclusões obtidas através dos resultados gerados pela análise de estudo do projeto e sugestões de futuros trabalhos.

Fonte: Autor (2022)

## **2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo são relacionados os assuntos referentes ao tema estudado, isto é, são levantados os conceitos fundamentais para o desenvolvimento e apresentação do trabalho.

### **2.1 Conceito de Manutenção**

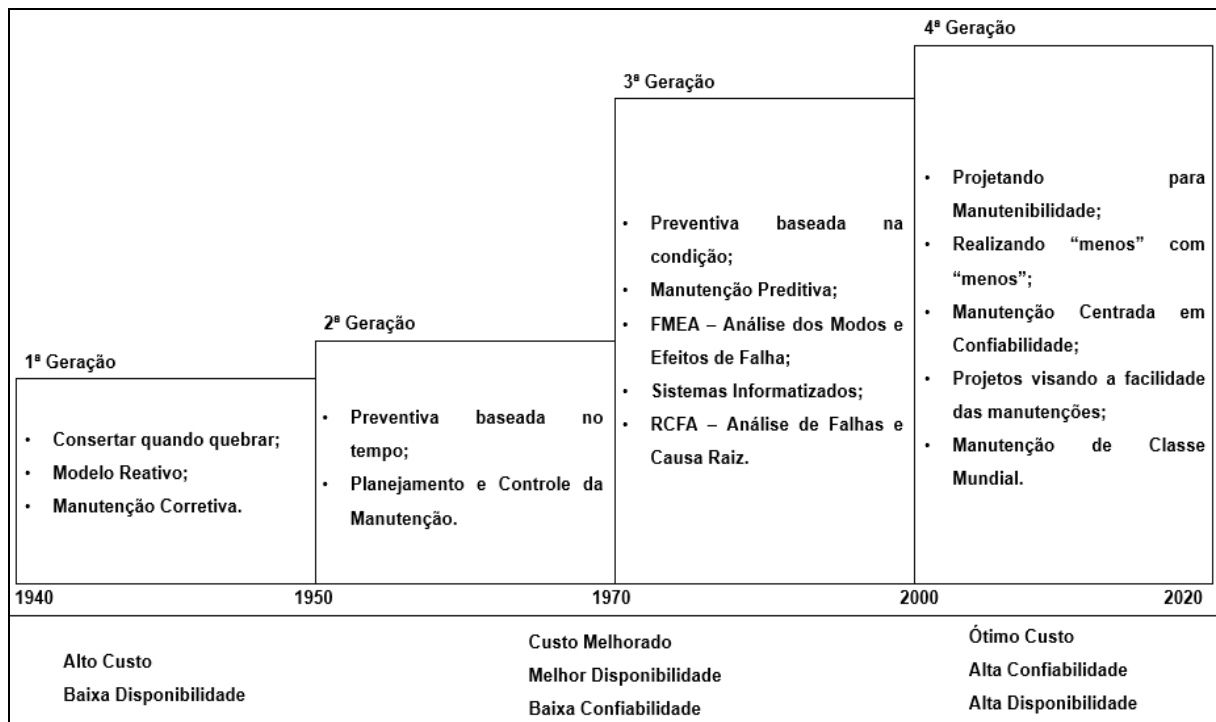
Este tópico aborda os assuntos gerais referentes aos estudos relacionados ao conceito de manutenção, como seu contexto histórico sobre a evolução da manutenção, introdução ao planejamento e controle da manutenção, ferramentas utilizadas, técnicas de manutenção e mapa de 52 semanas.

#### **2.1.1 Evolução da Manutenção**

Para Kardec e Nascif (2009), nas empresas vencedoras, o homem de manutenção tem reagido rápido à crescente conscientização de quanto uma falha de equipamento afeta a segurança e o meio ambiente. A conscientização da relação entre manutenção e qualidade do produto, gera maior pressão para conseguir alta disponibilidade e confiabilidade da instalação, e ao mesmo tempo, busca a redução de custos.

Para Teles (2018), até meados de 1945, realizar manutenção era apenas o ato de consertar um equipamento quando estava danificado, ou seja, era executado apenas a manutenção corretiva. Após o período da Segunda Guerra Mundial, a competitividade industrial crescia e nesse cenário levou-se à percepção industrial de que não era mais aceitável e economicamente viável permitir os equipamentos quebrarem. Com isso, surgiu a manutenção preventiva onde para ser gerenciada foi criado um departamento dentro do setor de manutenção, logo, surgiu assim o PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). A Figura 2 mostra a evolução da manutenção durante os períodos e suas principais características:

Figura 2 – Evolução das Técnicas de Manutenção



Fonte: Adaptado de Teles (2018, p.13)

Para Kardec e Nascif (2009), a partir de 1930 até os dias atuais, a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações, sendo elas:

- a) Primeira Geração: período antes da segunda guerra mundial onde a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. Ademais, devido à conjuntura econômica, a produtividade não era tão prioritária, logo, não era necessária uma manutenção sistematizada e somente era aplicada os serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada. Outro ponto relevante àquela época estava na competência que se buscava basicamente na habilidade do executante em realizar o reparo do equipamento danificado, uma vez que o entendimento das falhas dos equipamentos estava relacionado ao seu desgaste conforme o passar dos anos, ocasionando assim as falhas ou quebras.

- b) Segunda Geração: Após a segunda guerra mundial, a economia estava aquecida e a competitividade industrial crescia de modo a levar à percepção de que não era vantajoso deixar os equipamentos quebrarem, ou seja, durante a segunda geração, surgiu a manutenção preventiva onde foi necessária a criação do departamento de planejamento e controle da manutenção (TELES, 2018). Com o aumento da demanda de todo tipo de produtos, houve forte aumento da mecanização assim como a complexidade das instalações industriais. Por outro lado, esta geração apresentou a diminuição da mão de obra industrial. Estes acontecimentos geraram como consequência a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade com o intuito de obter a maior produtividade dos processos produtivos. Por outro lado, era evidente que tais jornadas de produção resultariam em falhas ou quebras, entretanto, esta ideia de falhas dos equipamentos poderia ser evitada mediante uma prevenção, isto é, a implantação da manutenção preventiva. Por outro lado, o custo da manutenção elevou-se muito em comparação aos custos operacionais e refletindo-se assim no aumento do sistema de planejamento e controle da manutenção e consequentemente na importância de buscar meios para aumentar a vida útil dos itens físicos (KARDEC; NASCIF, 2009).
- c) Terceira Geração: durante a década de 70, o processo de mudança industrial intensificou com as paralisações da produção, aumentando assim os custos e afetando a qualidade dos produtos. Além disso, com a tendência do conceito "*just in time*" onde as operações e execuções eram encaixadas conforme a demanda, os estoques eram reduzidos e a produção sofria com pequenas pausas e consequentemente paralisação da fábrica (KARDEF; NASCIF, 2009). Com a chegada da terceira revolução industrial, a tecnologia da informação foi destaque na indústria, o que culminou na introdução da robótica nas linhas de produção, comandos lógicos programáveis (CLP), automação. Vale destacar que nesse mesmo período, a manutenção preditiva foi popularizada onde técnicas de inspeções instrumentadas foram aplicadas e assim relevando a importância de descobrir em um equipamento as falhas em seu estágio inicial. À vista disso, pôde-se concluir que a terceira geração da manutenção foi um grande divisor de água, isto é, a manutenção preditiva



era infinitamente mais eficaz do que as técnicas passadas de manutenção (TELES, 2018).

- d) Quarta Geração: junto com a virada do século XX para o século XXI, iniciou-se a quarta geração da manutenção. Esta fase trouxe a proposta que o trabalho de garantir a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos deveria iniciar antes do equipamento nascer, ou seja, na fase de projeto. Outro ponto a se destacar é o fato de manutenção apresentar um comportamento mais estratégico, pois começou a se envolver em etapas do processo em que outrora nunca tinha se envolvido. Além disso, diferente das gerações anteriores, ser produtivo significava fazer menos com menos, originando assim a Manutenibilidade cujo conceito refere-se à facilidade de se manter um equipamento, ou seja, facilitar o processo de inspeção e substituição de peças de determinado componente com base no tempo, tornando assim mais enxuto e menos robusto, favorecendo a realização de intervenções quando necessárias (Teles, 2018).

De acordo com a NBR 5462 (1994), a manutenção é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

### **2.1.2 Conceituando Manutenção**

O conceito de Manutenção pode ser definido através de diversas interpretações, contudo, todas as definições apresentam compatibilidade em suas identificações de conceito e suas respectivas funções.

Para Tavares (1987), manutenção são todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição específica.

Para Xenos (1998), as atividades de manutenção estão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Além disso, num sentido mais amplo, as atividades devem envolver a modificação das condições originais do equipamento através da introdução de melhorias com o intuito de evitar a ocorrência

de falhas, reduzir o custo e otimizar a produtividade.

Para Kardec e Nascif (2009), manutenção tem como missão, garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado.

### **2.1.3 Tipos de Manutenção**

De acordo com a NBR 5462 (1994), os três principais modelos de manutenção são a manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. A principal forma de entender a diferença entre os modelos anteriormente mencionados está em sua Curva de Potencial de Falha. Logo, é considerada uma ferramenta analítica essencial ao plano de manutenção do qual é baseado em confiabilidade e conseqüentemente esteja seguindo os padrões MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), ou seja, a compreensão desta ferramenta é extremamente necessária para a definição da estratégia adotada. A partir de cada tipo de manutenção, derivam-se outras categorias chamadas de estratégias de manutenção

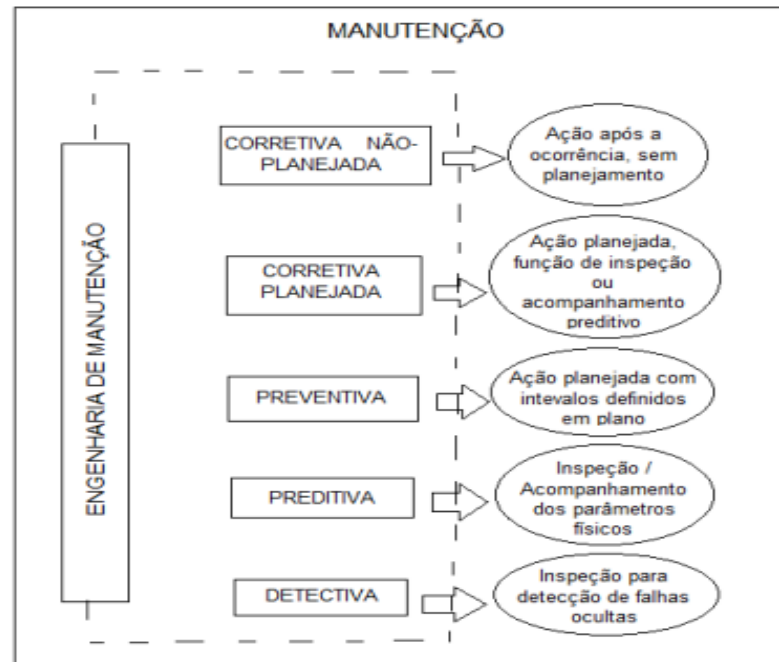
onde são alinhadas aos objetivos de médio e longo prazo da empresa (TELES, 2018).

Para Kardec e Nascif (2009), o método pelo qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. Com isso, é relevante uma caracterização objetiva, desde que, independentemente das denominações, todos se encaixem em um dos seis modelos descritos:

- a) Manutenção Corretiva Planejada;
- b) Manutenção Corretiva Não Planejada;
- c) Manutenção Preventiva;
- d) Manutenção Preditiva;
- e) Manutenção Detectiva;
- f) Engenharia de Manutenção.

A Figura 3 ilustra os modelos de manutenção e suas definições, conforme Kardec e Nascif (2009):

Figura 3 – Modelos de Manutenção e suas definições



Fonte: Kardec e Nascif (2013)

### 2.1.3.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva, segundo a NBR 5462 (1994), é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Para Kardec e Nascif (2009), a atuação em um mecanismo que apresenta um defeito ou queda de *performance* não necessariamente justifica ser uma manutenção corretiva emergencial, logo, é imprescindível observar as condições específicas que levam à manutenção corretiva como o acompanhamento das variáveis operacionais de um ritmo deficiente registrado e a ocorrência de falhas.

Segundo Teles (2018), é o tipo mais caro pois consome mais tempo de reparo, trazendo prejuízo para a empresa. Além disso, para a manutenção corretiva ser aplicada, é necessário que uma falha tenha ocorrido previamente, e ter o entendimento do tipo de falha que está afetando o equipamento em questão.

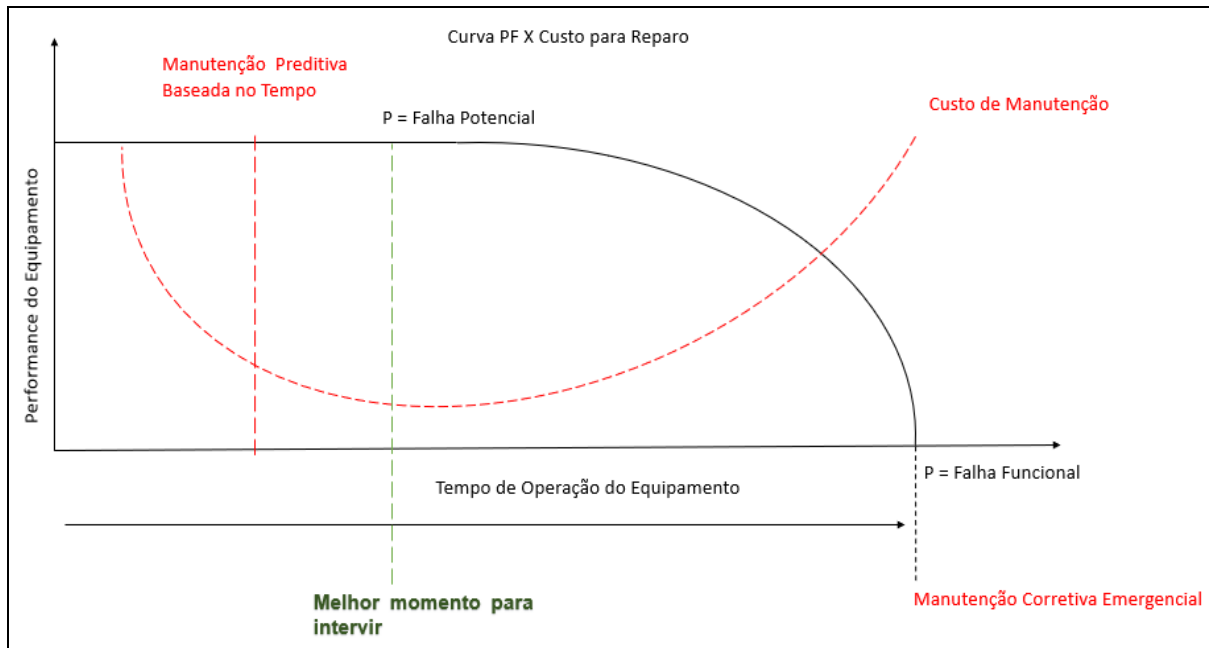
Em um sistema operacional, nem todas as manutenções corretivas são iguais, pois existem dois modelos onde a diferença em sua identificação está baseada quando a manutenção é executada após o tipo de falha gerado, ou seja, após a falha potencial ou falha funcional. Quando a correção de uma peça é realizada após a falha funcional, define-se como manutenção corretiva não planejada, pois o equipamento deve ser reparado em caráter de urgência a fim de não gerar custos à produção empresarial. Pelo fato de não ser programada, isto é, não aderir às etapas de planejamento e programação, pode acarretar à empresa o lucro cessante e conseqüentemente ser o modelo de reparo mais caro e demorado. Por outro lado, a manutenção corretiva programada realiza o processo de eliminar a falha potencial de forma que não avance ao estágio de falha funcional. Entretanto, se a falha potencial não gerar risco à segurança ou qualidade, pode ser programada sua reparação quando for mais conveniente para a companhia, seja por questões de produção, custos, disponibilidade de materiais ou mão de obra (TELES, 2018).

### **2.1.3.2 Manutenção Preventiva**

Conforme a NBR 5462 (1994), é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com os critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. O objetivo da manutenção preventiva é restabelecer as condições originais do equipamento, visando reduzir a probabilidade de falhas potenciais. Sob outra perspectiva, não apresenta o melhor custo/benefício dentro dos modelos de manutenção existentes, isto é, em média custa 3 vezes mais que a manutenção preditiva e é aplicada em apenas 11% dos equipamentos, isto é, sua atuação traz resultados apenas onde as falhas estão relacionadas diretamente com a idade do equipamento, e em contrapartida sua aplicação é ineficiente aos 89% dos dispositivos pois as taxas de falhas não estão relacionadas a vida útil da peça, mas sim com as condições de operação. Portanto, quanto mais próximo a manutenção atua na falha potencial, menor será o custo, isto é, como não é possível prever a falha potencial, a solução está em monitorar o equipamento de forma preditiva e agir assim que a falha potencial for identificada em seu estágio inicial (TELES, 2018).

A Figura 4 ilustra o gráfico de melhor momento de atuação da manutenção preventiva em relação à curva de falha em potencial e seu custo preventivo.

Figura 4 – Curva de Potencial de Falha x Manutenção Preventiva



Fonte: Adaptado de Teles (2018, p. 39).

De acordo com Xenos (1998), a manutenção preventiva é o principal modelo em qualquer empresa, pois envolve algumas tarefas sistemáticas como as inspeções, reformas e trocas de peças. Além disso, o custo da manutenção preventiva, em comparação à corretiva, é mais caro levando-se em conta que as peças devem ser trocadas e os componentes devem ser reformados antes de atingirem seus limites de vida. Em compensação, a frequência de ocorrência de falhas diminui e a disponibilidade de peças aumenta, ocasionando assim a redução de interrupções inesperadas da produção. Portanto, diante da perspectiva de custo total, a manutenção preventiva justifica ser mais barata que a manutenção corretiva pelo fato de ter o controle das paradas dos equipamentos e não estar sujeita às paradas imprevistas causadas por danos nos equipamentos. Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Além do mais, o seu propósito é diferente da corretiva, pois busca evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir. Entretanto, a adoção nos planos de manutenção preventiva para a definição de periodicidade e substituição de peças deve ser estipulada para cada instalação.

### 2.1.3.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, segundo Xenos (1998), permite otimizar a troca de peças e estender o intervalo de manutenção, ou seja, permite prever quando o componente estará próximo do seu limite de vida. Em adição, é considerado um dos elementos da manutenção preventiva, pois a prática preditiva representa uma maneira de inspecionar os equipamentos, logo, deve fazer parte do planejamento da manutenção preventiva. Outro ponto a se destacar é com o avanço da tecnologia, aplicada à manutenção preventiva, permitiu o desenvolvimento de técnicas, simples e eficazes, onde trouxeram bons resultados. Logo, com o auxílio da tecnologia, é possível prever o momento de reformar componentes mecânicos. Por outro lado, não é possível adotar a manutenção preditiva para todo tipo de componente de um sistema.

Kardec e Nascif (2009), afirmam que a manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição e desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Além disso, através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada por intermédio de uma manutenção corretiva planejada. Portanto, este modelo privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção no sistema, pois as medições e verificações são efetuadas com o mecanismo produzindo. Sendo assim, quando o grau de degradação se aproxima do limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção e preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção.

Segundo Teles (2018), a manutenção preditiva tem como finalidade indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Logo, estes dados são obtidos através de monitoramentos regulares onde justifica-se um aumento de rendimento no processo produtivo, uma vez que equipamentos e instalações estão disponíveis por um tempo maior para a operação. Portanto, para a realização da manutenção preditiva, é essencial a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- a) Alteração no nível de vibração de equipamentos rotativos;
- b) Alteração nos níveis de temperatura de equipamentos elétricos e mecânicos;
- c) Contaminação de óleos lubrificantes e hidráulicos;
- d) Alteração no estado de superfícies;
- e) Alteração nos níveis de pressão.

A manutenção preditiva tem como principal objetivo prever e encontrar defeitos em estágio inicial, quando ainda são falhas potenciais, com a finalidade de saná-los antes que esse defeito se agrave e transforme em falha funcional. Com isso, são adotados dois procedimentos para solucionar os problemas:

- a) Diagnóstico, ou seja, detectada a irregularidade, é necessário efetuar um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado;
- b) Análise da tendência da falha onde consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra para programar o reparo.

#### **2.1.3.4 Manutenção Detectiva**

A manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Desse modo, o fato de que a identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade uma vez que em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado por colaboradores da operação. Desse modo, a aplicação da manutenção detectiva está cada vez maior com a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais (KARDEC; NASCIF, 2009).

#### **2.1.4 Engenharia de Manutenção**

Para Kardec e Nascif (2009), a engenharia de manutenção é considerada a segunda quebra de paradigma da manutenção, pois significa uma mudança cultural onde o suporte técnico está dedicado a consolidar a rotina de um sistema com a implantação de melhorias. Logo, seu objetivo está em perseguir *benchmarks*.

Acrescentado àquela definição, as principais atribuições da engenharia de manutenção são, conforme os autores:

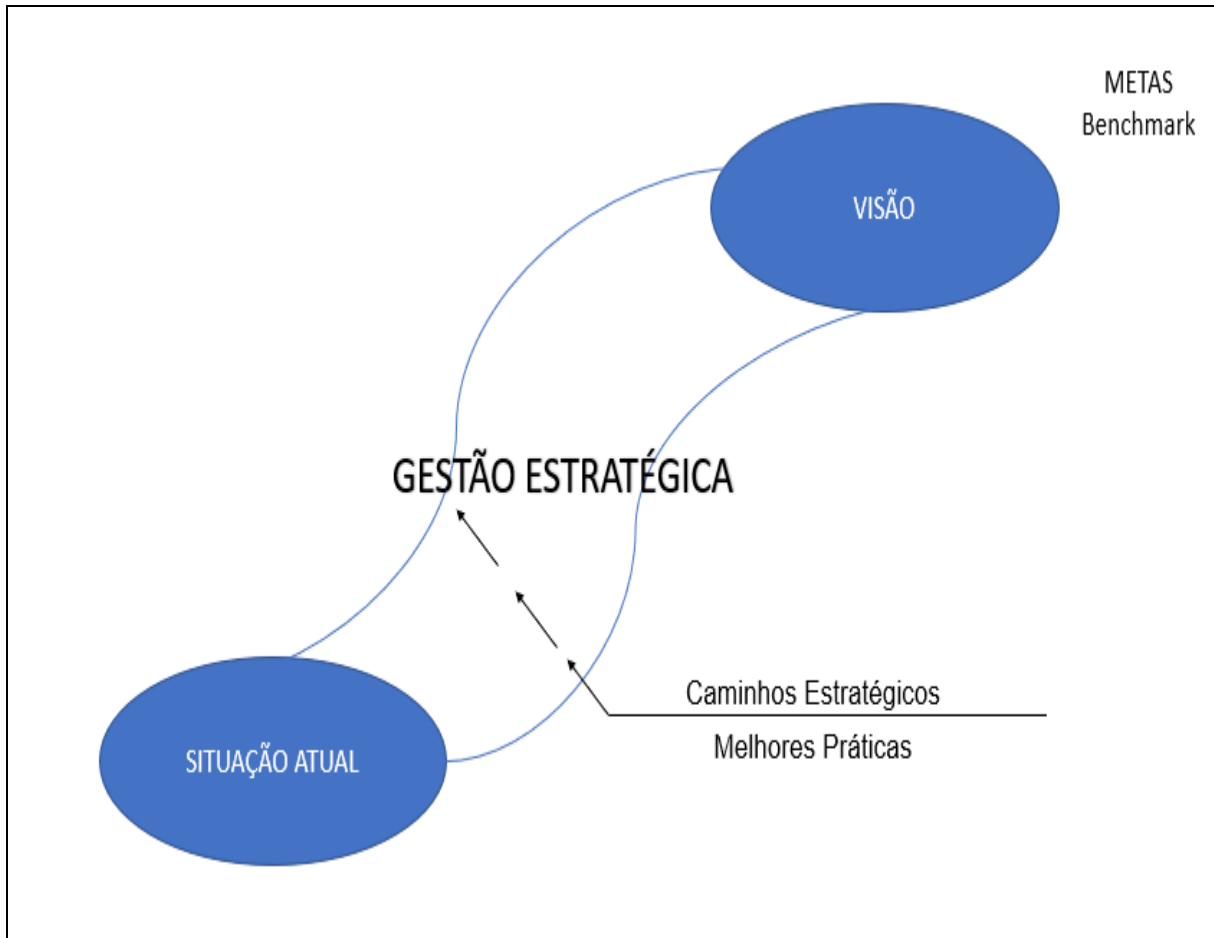
- a) Aumentar a confiabilidade;
- b) Aumentar a disponibilidade;
- c) Melhorar a manutenibilidade;
- d) Aumentar a segurança;
- e) Eliminar problemas crônicos;
- f) Solucionar problemas tecnológicos;
- g) Melhorar a captação do pessoal;
- h) Gerir materiais e sobressalentes;
- i) Participar de novos projetos (interface com a engenharia);
- j) Dar suporte à execução;
- k) Fazer análise de falhas e estudos;
- l) Elaborar planos de manutenção e de inspeção e fazer sua análise crítica;
- m) Acompanhar os indicadores;
- n) Zelar pela documentação técnica.

### **2.1.5 Estratégias de Manutenção**

Conforme Kardec e Nascif (2009), a manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. Logo, é preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta apenas reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é necessário manter a função do maquinário disponível para a operação e conseqüentemente reduzir a probabilidade de paradas de produção não planejadas. Segundo Teles (2018), para a manutenção ser estratégica, deve-se avaliar e escolher determinados tipos de manutenção e suas derivações, pois não existe o modelo certo ou errado de manutenção, mas sim o alinhamento dos tipos de manutenção com os objetivos da empresa. A figura 5 retrata a visão de futuro manutenção estratégica, baseada nos caminhos estratégicos e melhores prática de uma empresa, conforme Kardec e Nascif (2009).



Figura 5 – Gestão Estratégica de Manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p. 12)

### 2.1.6 Conceito de Planejamento e Controle da Manutenção

O setor de planejamento e controle da manutenção, segundo Teles (2018), é considerada a célula mais importante da manutenção, pois tem a responsabilidade de gerenciar e controlar todas as atividades de manutenção de uma determinada empresa. O autor enfatiza que todos os dados relativos à manutenção são administrados pelo setor, como custos, tempo de manutenção, estado de conservação dos equipamentos, índices de disponibilidade, tempo médio entre falhas. Esse núcleo engloba o conjunto de atividades da manutenção relacionadas ao planejamento, provisionamento de materiais e sobressalentes, programação, coordenação e controle de serviços. Logo, deve estar integrado ao modelo de gestão com o propósito de participar dos projetos que as diretrizes são desdobradas para o atingimento das metas.

### **2.1.6.1 Objetivos do Planejamento e Controle da Manutenção**

Segundo Teles (2018), os objetivos do planejamento e controle da manutenção resumem-se em promover, participar e garantir a elevação da confiabilidade e disponibilidade dos ativos, otimizando todos os recursos da manutenção.

### **2.1.6.2 Confiabilidade**

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

Para Teles (2018), confiabilidade é a probabilidade de um determinado item, sistema, equipamento ou componente, manter-se em funcionamento durante um determinado período futuro.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a confiabilidade contém quatro características dos quais são relevantes para a sua aplicação:

- a) Probabilidade: o quão provável um ativo ou um sistema falhar durante um determinado tempo sob certas condições de operações;
- b) Função requerida: é o limite de admissibilidade abaixo do qual a função não é mais satisfatória, ou seja, é o mesmo que cumprir a missão com a realização do serviço esperado;
- c) Condições definidas de uso: são as condições operacionais às quais o equipamento está submetido, logo, ao ser submetido a duas condições diferentes apresentará confiabilidade diferente.
- d) Intervalo de tempo: o período definido e medido é fundamental, desde que a confiabilidade varia com o tempo.

Portanto, deve obter o cálculo as variáveis como a taxa de falhas, isto é, o número total de falhas por período de operação, o tempo previsto de operação.

### **2.1.6.3 Disponibilidade**

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

### **2.1.6.4 Manutenibilidade**

O conceito de manutenibilidade é a característica de um equipamento ou instalação permitir um maior ou menor grau de facilidade na execução dos serviços de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para a NBR 5462, a manutenibilidade é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

### **2.1.7 Matriz de Criticidade de Equipamentos**

A matriz de criticidade, de forma lógica, mostra quais são os equipamentos mais críticos para a operação, e conseqüentemente suas prioridades no processo em que o desenvolvimento do trabalho de planejamento e controle da manutenção será realizado de forma mais assertiva, consciente e rápida.

Segundo Teles (2018), uma empresa é composta por uma cadeia de ativos, onde cada um tem a função de gerar retorno financeiro. Com isso, os ativos representam os mais variados equipamentos e sucessivamente possuem a sua relevância no que tange aos níveis de criticidade.

Por outro lado, no que tange aos níveis de criticidade, não existe uma norma ou regra definida para elaborar a matriz de criticidade dos equipamentos, mas sim o processo de avaliação de risco que inicia no momento de identificação dos eventos de risco cujas dimensões são representadas pela consequência de um evento e a probabilidade.

Portanto, a matriz de criticidade é a medida que mais se aproxima das abordagens mencionadas para a elaboração da avaliação de risco em cinco cenários em uma companhia. Desse modo, os cenários envolvidos para a análise são:

- a) Segurança e meio ambiente;
- b) Produção;
- c) Qualidade;
- d) Custo de manutenção
- e) Back-up.

Teles (2018), reforça que a avaliação nos cinco cenários é feita com a aplicação de uma de nota de zero a três para cada item. Logo após, multiplica-se a nota de cada item e de acordo com o valor final, é definida a criticidade do equipamento.

O Quadro 2 apresenta um exemplo para o cálculo da matriz de criticidade do equipamento.

Quadro 2 – Exemplo de análise de criticidade

Itens	Segurança e Meio Ambiente	Produção	Qualidade	Custo de Manutenção	Back-up	Criticidade
Item A	3	2	3	2	1	36
Item B	2	2	1	1	1	4
Item C	2	3	3	2	2	72

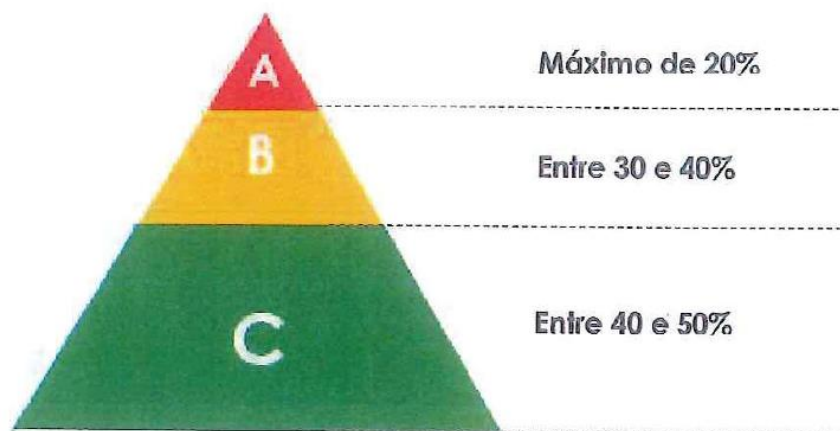
Fonte: Autor (2022).

Feitos os devidos cálculos, o processo de ajuste da matriz de criticidade é realizado com o intuito desta matriz estar dentro dos padrões aceitáveis da manutenção centrada em confiabilidade. Sendo assim, deve-se traçar estratégias para reduzir o número de equipamentos de criticidade mais elevado e encaixá-los nas devidas proporções. Os equipamentos são divididos em três níveis de criticidade, conforme Teles (2018) destaca:

- a) Nível A: são os equipamentos mais importantes;
- b) Nível B: são os equipamentos de importância intermediária;
- c) Nível C: são os equipamentos de menor importância.

A Figura 6 apresenta a relação da quantidade de equipamentos de acordo com o nível de criticidade.

Figura 6 – Quantidade de equipamentos conforme o nível de criticidade



Fonte: Teles (2018, p. 99)

### 2.1.8 Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

Para Kardec e Nascif (2009), a análise do modo e efeito de falha (FMEA) é uma abordagem que ajuda a identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas e processos. Portanto, é um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e fornece as recomendações para ações preventivas.

Além disso, é um processo formal que utiliza especialistas dedicados a analisar as falhas e solucioná-las. Logo, o FMEA no processo está mais envolvido ao setor de manutenção pois nesta fase os equipamentos estão instalados e operando sob supervisão da equipe de manutenção do qual é formada por engenheiros e técnicos

de operação e manutenção. Dentro da análise dos modos e efeitos de falha, existem três níveis de definição e aplicação que são:

- a) FMEA no projeto: dedica-se a eliminar as causas de falha durante o projeto do equipamento, levando em consideração todos os aspectos, desde a manutenibilidade até aspectos ligados à segurança;
- b) FMEA no processo: focaliza em como o equipamento é mantido e operado;
- c) FMEA no sistema: focaliza nas falhas potenciais e gargalos no processo global, como uma linha de produção.

Para Teles (2018), a análise dos modos e efeitos de falha (FMEA) é uma ferramenta de análise qualitativa que transforma as informações em dados quantitativos.

O objetivo principal de um plano de manutenção é minimizar o impacto de eventos não planejados em segurança, meio ambiente e rentabilidade comercial. Desse modo, a principal ferramenta de confiabilidade que serve como veículo para alcançar e sustentar metas do setor de manutenção é o FMEA. Ademais, quando bem estruturado e bem implementado, gera diversos benefícios para o setor como a redução dos custos de manutenção, elevação dos níveis de segurança das instalações, redução das atividades que não tem valor agregado e melhoria na qualidade dos serviços realizados (TELES, 2018).

Para a elaboração da análise dos modos e efeitos de falha, o primeiro passo está na identificação dos processos e seus equipamentos que serão analisados no intuito de elevar a confiabilidade dos itens. Portanto, de acordo com Teles (2018), o FMEA tem sua estrutura dividida basicamente em cinco partes, são elas:

- a) Cabeçalho: onde são encontradas as informações importantes como o número do FMEA, o processo que está sendo analisado, o responsável pela atividade de elaboração, a equipe que está contribuindo para a concepção, a equipe que está contribuindo para a construção da análise dos modos e efeitos de falha, data de início e revisão sempre que houver qualquer alteração do processo e aprovação da gerência;
- b) Ponto da falha: onde é encontrado o equipamento que está envolvido no processo de produção e a sua função, ou seja, o papel que o equipamento desempenha dentro do processo;
- c) Análise da falha: processo dividido em três fatores, ou seja, os modos de falha que descrevem como a falha se caracterizam de forma sensitiva, os efeitos da falha que por sua vez indicam a consequência da falha nesse processo e, por fim, a causa da falha que remete ao que levou a falha do componente;
- d) Avaliação do risco: etapa do qual realiza a priorização e pontuação para a análise de risco onde contêm três fatores diferentes, isto é, severidade, ocorrência e detecção cuja nota total da falha é o resultado do produto das três notas obtidas em uma avaliação individual de zero a dez pontos e, indicando assim quanto maior for a pontuação, mais crítica é a sua falha;
- e) Ação preventiva recomendada: etapa onde são listadas todas as atividades de caráter preventivo e preditivo que possam prevenir ou identificar as falhas ainda em estágio inicial, logo, essas ações têm como objetivo principal mitigar o risco e impedir que o processo de produção venha a parar por conta da falha já estabelecida.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a determinação dos pesos das parcelas que compõem o número de emergência (RPN) são classificadas conforme algumas recomendações baseadas em experiências de empresas. O Quadro 3 e a Figura 7 apresentam o modelo de classificação do número de prioridade e risco das falhas e o formulário modelo para registro e acompanhamento da análise de FMEA.

Quadro 3 – Classificação RPN

Componente do RPN	Classificação	Peso
-------------------	---------------	------

Continuação

		Conclusão
FREQÜÊNCIA DA OCORRÊNCIA F	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
GRAVIDADE DA FALHA G	Apenas Perceptível	1
	Pouca Importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO RPN	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p. 129).



Figura 7 – Modelo de formulário FMEA

EMPRESA:	FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA										REVISÃO						
	( ) MANUTENÇÃO ( ) OPERAÇÃO ( ) SISTEMAS										DATA						
											FOLHA						
IDENTIFICAÇÃO	LOCAL:		SETOR:		EQUIPAMENTO												
#	NOME DO COMPONENTE/ PROCESSO	FUNÇÃO DO COMPONENTE/ PROCESSO	POSSÍVEIS FALHAS			CONTROLES ATUAIS				AÇÕES CORRETIVAS		RESULTADO				RESPONSÁVEL	
			MODO	EFEITOS	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES					ÍNDICES MELHORADOS					
							S	P	D	RPN	Recomendações	Tomada	S	P	D		RPN

Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 130).

### 2.1.9 Indicadores de Manutenção

O controle da manutenção é feito através da criação e da gestão de indicadores que servirão como base para a tomada de decisões e estratégias.

Sem os indicadores da manutenção, fica impossível saber se as decisões tomadas são certas ou erradas, assim como em qualquer outra área de atuação (TELES, 2018).

Para a implantação de qualquer indicador, é necessário que se tenha uma sistemática para coleta e tratativa dos dados, ou seja, por meio das ordens de serviços, planilhas eletrônicas ou softwares de manutenção é possível tratar os dados e gerar os indicadores. Desse modo, o indicador revela qual o percentual da aplicação de cada tipo de manutenção está sendo desenvolvido.

O autor enfatiza que em países de primeiro mundo, considera-se que a manutenção corretiva não planejada deve ficar restrita a no máximo 20% enquanto os percentuais de preditiva, inspeções e engenharia de manutenção crescem. O tipo de instalação pode revelar as variações referentes às atividades de manutenção.

#### **2.1.9.1 Backlog**

Conforme Teles (2018), o backlog ou simplesmente a carga futura de trabalho, indica quantos homens hora ou quantos dias, para aquela determinada força de trabalho, serão necessárias para executar todos os serviços solicitados. Além disso, o backlog não deve ser superior a quatro semanas.

#### **2.1.9.2 Cumprimento da Programação**

Segundo Teles (2018), outro aspecto importante ligado ao planejamento e coordenação dos serviços é a relação serviços programados e serviços executados, pois, além de medir como está andando o planejamento indica, mesmo que indiretamente a confiabilidade da instalação. O autor destaca que o objetivo desse indicador é que o cumprimento da programação seja de 100%.

#### **2.1.10 Mapa de 52 Semanas da Manutenção**

O plano de manutenção de 52 semanas pode ser considerado o plano mestre de manutenção, ou seja, através dele acontecerá a derivação de outros planos com menores abrangências. Com isso, todas as atividades são reunidas para equipe executar durante o ano todo com o propósito de manter a confiabilidade e disponibilidade dos ativos (TELES, 2018).

A derivação dos planos de manutenção pode ser feita de duas formas, isto é, com base na periodicidade das atividades de manutenção ou por área. Para Teles (2018), quando o planejamento e controle da manutenção optar em trabalhar os planos derivados em periodicidade, significa que sempre serão emitidas as ordens de serviço que possuem a mesma frequência para execução, não importando a área ou setor onde serão executadas as atividades. Por outro lado, quando a o departamento decide trabalhar com os planos de manutenção derivados em áreas, significa que serão emitidas as ordens de serviço apenas de uma única área, logo, não importando a periodicidade das atividades.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da Pesquisa

O conceito de pesquisa envolve os procedimentos reflexivos, sistemáticos, controlados e críticos, onde permitem realizar a descoberta de novos fatos ou dados, soluções, leis, em qualquer área do conhecimento. Dessa forma, a pesquisa é uma atividade voltada para solução de problemas por meio de métodos científicos (RAMPANAZZO, 2005).

O método científico é considerado um conjunto de procedimentos sistemáticos que o pesquisador emprega de forma que possa adquirir o conhecimento necessário e adequado ao problema que se propõe resolver. Além disso, são constituídos por processos ou técnicas das quais formam os algoritmos do resultado definitivo da pesquisa (SANTOS, PARRA FILHO, 2012).

Para Rampanazzo (2005), cada abordagem de pesquisa é realizada com técnicas e enfoques específicos, conforme o objeto de estudo e o seu levantamento de dados. Com isso, toda pesquisa pode ser classificada como documental, bibliográfica, descritiva, experimental, exploratória, qualitativa e quantitativa. Este trabalho está em conformidade aos objetivos de pesquisa exploratória, pois, este modelo de pesquisa é utilizado em assuntos pouco explorados, porém com a finalidade de torná-lo mais explícito e familiarizado ao problema. Além disso, foram realizadas entrevistas com colaboradores experientes que atuam no setor em estudo e possuem os registros operacionais para melhor entendimento do sistema.

A pesquisa quantitativa aborda o método do qual inicia o estudo sobre um número de casos especiais onde quantifica fatores segundo um estudo típico, servindo-se frequentemente de dados estatísticos e generaliza o que foi encontrado nos casos particulares. Por outro lado, a pesquisa qualitativa aborda a compreensão particular daquilo que estuda, ou seja, o foco da sua atenção é centralizado no específico, no individual, almejando a compreensão e não a explicação dos fenômenos estudados (RAMPANAZZO, 2005).

Neste sentido, o presente trabalho adotou a combinação dos métodos quantitativos, por meio da utilização da técnica de Análise de Modos, Efeitos e Criticidade de Falhas pois foram elaborados os formulários FMEA e Matriz de Criticidade aos equipamentos dos subsistemas da moagem de cimento.

Quanto aos procedimentos técnicos de pesquisa, segundo Gil (2008) classifica em sete categorias: estudo de campo, estudo de caso, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, levantamento, pesquisa-ação. O método de pesquisa deste estudo é classificado como estudo de caso.

### **3.2 Limitações do Método**

Por se tratar de uma pesquisa que envolve entrevistas com o intuito coletar dados para o andamento da pesquisa, Marconi e Lakatos (2010) destacam que a entrevista apresenta algumas limitações ou desvantagens, como:

- a) Dificuldade de expressão e comunicação de ambas as partes;
- b) Incompreensão, por parte do informante, do significado das perguntas, da pesquisa, que pode levar a uma falsa interpretação;
- c) Possibilidade de o entrevistado ser influenciado, consciente ou inconsciente, pelo questionador, pelo seu aspecto físico, suas atitudes, ideias, opiniões;
- d) Disposição do entrevistado em dar as informações necessárias;
- e) Retenção de alguns dados importantes, receando que sua identidade seja revelada;
- f) Pequeno grau de controle sobre uma situação de coleta de dados;
- g) A entrevista ocupar muito tempo gerando a dificuldade de ser realizada;
- h) Impossibilidade de acesso aos subsistemas que requerem treinamento e certificado de segurança.

### **3.3 Procedimentos Metodológicos**

Para a construção deste trabalho e concretização dos objetivos, definiu-se como ponto focal a aplicação do planejamento de controle da manutenção bem como todas as suas atribuições mencionadas pelos autores citados ao longo do trabalho.

Portanto, as etapas de definição e aplicação do estudo seguem a lógica dos referenciais teóricos de Teles (2018), Kardec e Nascif (2009), e Xenos (1998) com o intuito de aplicá-los à realidade do cenário industrial, ou seja, a pesquisa envolvendo

a metodologia de conhecimentos teóricos justificados aos procedimentos estratégicos de operação.

**Sequência de aplicação dos procedimentos metodológicos:**

- 1) Descrição do sistema: identificar todos os processos envolvidos na manufatura do cimento onde estão relacionadas as limitações de interfaces do sistema por meio de diagramação organizacional e descrição textual;
- 2) Análise dos Modos, Efeitos e Criticidade de Falhas: aplicação da ferramenta FMEA e Matriz de Criticidade que consiste na identificação sistemática dos equipamentos, falha funcional, modo de falha, causa da falha, efeito da falha e risco atribuído. As informações para a elaboração do formulário foram obtidas através de entrevistas dos funcionários e gestor do setor;
- 3) Documentação das atividades de manutenção: etapa realizada após a execução da análise dos modos, efeitos e criticidade de falhas, o registro de documentos envolvendo as técnicas de manutenção ideais aos equipamentos selecionados;
- 4) Controle da manutenção: identificar os indicadores de desempenho utilizados para o controle de atividades executadas das técnicas de manutenção aplicadas aos respectivos equipamentos dos subsistemas;
- 5) Mapa de 52 semanas: apresentar o modelo mapa de 52 semanas referente aos componentes estudados. Com base nos dados obtidos pelo formulário FMEA e Matriz de Criticidade, estabelecer os períodos de execução das atividades de manutenção conforme a criticidade de cada elemento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Descrição do Sistema

A primeira etapa deste trabalho teve como foco a descrição do sistema produtivo pesquisado. O processo inicia com a extração da matéria-prima calcário e argila, utilizadas na fabricação de clínquer, principal composto do cimento. Essa exploração ocorre em pedreiras com o auxílio de explosivos em jazidas subterrâneas ou a céu aberto. Dependendo da origem geológica, podem conter impurezas como magnésio, silício, alumínio. Dessa forma, os grandes blocos de pedras fragmentadas passam pelo primeiro processo de britagem na mina onde são extraídos os blocos e enviados à fábrica para sequência do processo de Britagem Secundária.

O processo de britagem secundária com produção de 220 toneladas por hora tem o intuito de reduzir ao tamanho dos blocos de pedras a uma medida padrão de 25 mm, é considerado eficiente na formação das pilhas de estoque do material para a fábrica. Após a redução de tamanho os grãos são encaminhados por meio de correias transportadoras ao próximo processo chamado de pré-homogeneização.

A pré-homogeneização consiste no armazenamento do material britado ao ar livre, são empilhados e acomodados por meio de uma retomadora de materiais à granel do tipo pilha circular, em um monte circular homogeneizado. O material empilhado em montes de 21 toneladas é conduzido por correia transportadora aos silos de dosagem.

A dosagem consiste em avaliar a qualidade da composição do material que está armazenado nos silos de dosagem, ou seja, são recolhidas amostras para a análise em laboratório que verifica a composição química do calcário e argila se corresponde a 75 a 80% de calcário e 20 a 25% de argila. Alcançada a composição química ideal, o material é transportado por meio de correias aos moinhos de farinha cuja mistura, com uma certa umidade, passa pelo processo de moagem se necessário, mais de uma vez.

Nos moinhos existe uma câmara prévia de secagem, o calor utilizado nesta câmara é oriundo do gerador de gases quentes, que tem por objetivo retirar umidade e por consequência a redução do tamanho do material. Após a redução da umidade o material é moído até virar pó.

Entretanto, quando a composição química não atinge a proporção ideal, são acrescentados aditivos como areia, cinza, pirita e bauxita fornecidos por contratos com empresas fornecedoras de energia elétrica e mineração.

O processo de fabricação de clínquer a partir do material moído em pó (farinha ou cru) ocorre com o pré-aquecimento do material na passagem pela torre de ciclones de 4 estágios que é aquecida (com gases provenientes do forno). Dessa maneira, a alimentação do forno de clinquerização é feita através do topo da torre de ciclones, onde a temperatura atinge os 400°C na entrada e, na saída é de 900°C.

Outro ponto a se destacar é que a cada 1600 quilos de material alimentado no topo do forno, somente 1000 quilos chegam ao fundo da torre do forno, ou seja, o restante do material transforma-se em CO<sub>2</sub>.

O processo de clinquerização que ocorre no forno cujo comprimento é de 80 metros e atinge uma temperatura de 1500°C no seu centro, é realizado através do cozimento do material durante a passagem do composto por todo seu comprimento.

O clínquer na saída do forno é submetido ao arrefecimento, ou seja, sua temperatura que antes era de 1500°C passa a ser de 150°C devido as trocas de calor com a entrada de ar frio no arrefecedor. Por fim seu armazenamento fica no hangar de matéria-prima onde o clínquer aguarda para a próxima fase do processo produtivo.

Após a clinquerização, ocorre a moagem de cimento. Nesta etapa o clínquer, com as adições de gesso, pozolana, calcário em grão e escória são misturados e moídos até atingirem uma composição homogênea. As câmaras do moinho de cimento possuem injeção de água, através de um bico de injeção que possui uma ponteira em ângulo ajustada de forma que o fluxo de água não atinja diretamente o material.

A água circula pelo lado externo do moinho refrigerando o sistema. Por outro lado, a temperatura do clínquer ao ser moído com os aditivos é alta, ocasionado pelo atrito no trabalho de moagem e conseqüentemente temos a elevação da temperatura no interior do moinho. Outro ponto a se destacar é que os moinhos de cimento recebem o clínquer por meio de uma ponte rolante de capacidade 8 toneladas de carga presente no hangar de matéria-prima onde ficam armazenados 6,6 toneladas de clínquer.

A última etapa do processo produtivo do cimento é o armazenamento e expedição. O cimento é colocado no silo de cimento, sob forma de granel podendo



ser embalado em sacos de 25 e 50 quilos por meio de duas ensacadeiras presentes na torre.

Cada ensacadeira consegue produzir 1800 sacos por hora, porém de forma manual visto que os modelos necessitam de auxílio de colaboradores para acoplar os sacos nos bicos injetores das ensacadeiras. Por outro lado, o cimento pode ser transferido diretamente do silo de armazenagem para os caminhões-cisternas e transportados para as grandes construtoras ou indústrias concreteiras conforme a demanda.

A expedição dos sacos de cimento acontece por meio de esteiras direcionadas ao estoque de ensacados. Assim, os estoques são organizados pela paletizadora automotiva conforme a configuração dos paletes, gerando assim uma capacidade de 3600 sacos por hora e capacidade total de estoque paletizado de 1,2 toneladas. Os caminhões chegam ao local e são abastecidos por meio de uma empilhadeira local que executa o processo de organização de layout do paletes. Portanto, assim que o abastecimento é executado, o caminhão se desloca para o mercado de materiais de construção e pequenas obras.

O fluxograma do processo de fabricação do cimento está apresentado no Apêndice A, com todos os detalhes de cada subsistema.

## **4.2 Análise dos Modos, Efeitos de Falhas e Matriz de Criticidade**

A realização da análise de falhas foi aplicada com o auxílio da ferramenta FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas. Os equipamentos identificados foram separados conforme cada etapa do processo produtivo junto aos seus componentes, e para cada componente, foram analisados seus modos de falhas, assim como os efeitos e as causas.

Após a obtenção das análises, foram avaliados o grau de severidade da falha do sistema em estudo, o grau de ocorrência de a falha ocorrer e o grau de detecção onde as chances de detectar a falha antes que de sua ocorrência. Vale destacar que o processo de clínquerização não está incluída na análise pelo fato de que o subsistema está inoperante desde 2017.

Com base nas mensurações obtidas, calculou-se o RPN (Número de Prioridade de Risco), seu resultado foi encontrado através da multiplicação dos índices de severidade, ocorrência e detecção.

Estas informações foram adquiridas por meio de entrevistas com o supervisor do setor de manutenção que informou que a unidade estava passando pelo processo de renovação do inventário de operações das técnicas de manutenção.

Para um melhor entendimento da análise, os equipamentos foram divididos em 3 classes, ou seja, a primeira (Classe 1) cujo RPN não ultrapassou o valor de 40, a segunda (Classe 2) o RPN está entre 40 e 150, e o terceiro (Classe 3) com valor acima de 150.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida o RPN dos equipamentos e suas respectivas classes. Os índices de severidade, ocorrência e detecção são apresentados no Apêndice B, obtido através do formulário FMEA de cada subsistema envolvido.

Tabela 1 – Classes, RPN's e nº de equipamentos

<b>Classe</b>	<b>RPN</b>	<b>Nº de equipamentos</b>
1	RPN < 40	1
2	40 ≤ RPN < 150	21
3	150 ≤ RPN	24

Fonte: Autor (2022).

Para a análise de criticidade, foram escolhidos de acordo com a gestão da empresa os principais pilares cuja importância para todo o contexto operacional e política organizacional são essenciais, são eles: segurança, qualidade, produção, gravidade da quebra e custo do reparo.

Para cada equipamento avaliado, foi dado uma nota com os valores de 1 a 3 com relação aos impactos causados pelos seus modos e efeitos de falha a cada um dos critérios escolhidos.

A tabela 2 apresenta o número de equipamentos e seus níveis de criticidade. No Apêndice C é apresentado a relação Análise de Criticidade e RPN de todos os equipamentos listados.

Tabela 2 – Níveis, número de equipamentos e percentual

<b>Nível</b>	<b>Nº de equipamentos</b>	<b>Percentual</b>
--------------	---------------------------	-------------------

Continuação

		Conclusão
<b>A</b>	6	13%
<b>B</b>	17	37%
<b>C</b>	23	50%

Fonte: Autor (2022).

Conforme indicado, o percentual de equipamentos do nível A representa 13%, obedecendo assim o percentual máximo de 20%, indicado por Teles (2018).

O nível B apresentou um percentual de 37%, também obedecendo o intervalo entre 30 e 40%. Por fim, o nível C apresentou o percentual de 50%, o que está no limite, porém dentro dos intervalos de 40 a 50% conforme mencionado.

### 4.3 Documentação das Atividades de Manutenção

Após a análise dos modos de falha e definição das criticidades dos ativos, o processo de determinação do modelo de manutenção a ser executado foi aplicado. Além disso, os cálculos efetuados através da ferramenta FMEA e matriz de criticidade favoreceram pois o cruzamento de informações obtidas foram fundamentais para a definição das técnicas de manutenção.

O Quadro 4 apresenta a matriz de decisão das técnicas de manutenção a partir da Criticidade e RPN dos equipamentos.

Quadro 4 – Matriz de decisão das técnicas de manutenção

Criticidade / RPN	RPN < 40	40 ≤ RPN < 150	150 < RPN
A	PREVENTIVA	PREDITIVA	PREDITIVA
B	CORRETIVA	PREVENTIVA	PREDITIVA
C	CORRETIVA	CORRETIVA	PREVENTIVA

Fonte: Adaptado Teles (2018).

Com base no quadro mencionado, todos os equipamentos de criticidade A e RPN acima de 40 necessita-se de manutenção preditiva pois os equipamentos fazem parte do grupo de grande risco para a operação. Dessa forma, é desejável que as manutenções ocorram de forma monitorada pois o objetivo desta técnica é buscar sempre antecipar-se às falhas dos equipamentos.

Por outro lado, equipamentos de criticidade abaixo do valor 40, deve-se utilizar a manutenção preventiva para reduzir a degradação e desgaste dos equipamentos, reduzindo assim a probabilidade de danos.

Para os equipamentos de criticidade B e RPN abaixo de 40, as manutenções corretivas são as mais adequadas pois os equipamentos apresentam baixo risco à produção.

Com base nessa técnica, as atividades feitas na empresa em estudo são nomeadas como manutenções rotineiras, ou seja, são manutenções aplicadas diariamente com o intuito de garantir que todos os equipamentos estejam sob perfeitas condições. Em contrapartida, equipamentos que apresentam o RPN entre os valores 40 e 150, deve-se utilizar as técnicas preventivas e preditivas para valores RPN acima dos 150.

Os equipamentos de criticidade C e RPN menor que 150 recebem as manutenções corretivas porque as atividades pouco impactam ao processo. Por outro lado, equipamentos com RPN acima de 150 recebem as manutenções preventivas.

A Tabela 3 apresenta a relação das técnicas de manutenção aos respectivos equipamentos.

Tabela 3 – Técnicas de Manutenção aos equipamentos analisados

<b>Manutenção</b>	<b>N° de equipamentos</b>	<b>Percentual</b>
<b>Corretiva</b>	11	24%
<b>Preventiva</b>	19	41%
<b>Preditiva</b>	16	35%

De acordo com os dados obtidos da relação valor RPN e criticidade dos equipamentos, 35% dos equipamentos necessitam de manutenção preditiva. Isto se deve ao fato de que como a fábrica de cimento possui muitos equipamentos com grande risco para a produção assim como segurança, qualidade e produção, pois em sua composição estão dispostos de componentes geradores de energia mecânica e calor. Portanto, aplicar o monitoramento com o intuito de antecipar possíveis falhas é mais adequado.

Para a técnica de manutenção preventiva, os equipamentos a serem observados são aqueles com funções de apoio a cada etapa do processo. Dessa forma, 41% destes requerem lubrificação, limpeza e substituição de peças de acordo com o período pré-estabelecido.

Por fim, os equipamentos que recebem a manutenção corretiva são aqueles que estão em constante atrito, gerando assim desgaste durante suas funções operacionais como mancal, correias, trilho e representam 24% da análise. O setor da manutenção utiliza a chamada manutenção rotineira com verificação do colaborador nos equipamentos e conjuntos antes de iniciar a jornada de produção do dia, fazendo dessa técnica um meio de assegurar a garantia do funcionamento de todos os equipamentos envolvidos na produção de cimento.

#### **4.4 Controle das Atividades de Manutenção**

O controle das atividades de manutenção representa o registro de performance que o setor de manutenção desempenha. Sendo assim, os indicadores de desempenho representam de fato o quanto o setor da empresa está produzindo.

Através da entrevista com o supervisor de manutenção, foram fornecidos os indicadores de desempenho ligados ao planejamento e coordenação dos serviços, isto é, a relação serviços programados e serviços executados, que indicaram o andamento do planejamento de manutenção.

Desse modo, o objetivo desses indicadores é que o cumprimento da programação seja de 100%. O quadro 5 apresenta as regras de ouro que o setor de manutenção busca respeitar em suas operações.

Quadro 5 – Regras de Ouro da Manutenção

REGRAS DE OURO DA MANUTENÇÃO			
1	Equipe de Manutenção Estruturada	Todos os cargos de liderança e funções vitais preenchidos	SIM
2	Aderência ao combo de KPIS > 300	Aderência ao Combo do mês maior ou igual a M300	SIM
3	Cumprimento de Sistemáticas > 95%	Aderência às manutenções sistemáticas maior ou igual a 95%	SIM
4	Mapa de 52 semanas cumprido	Cumprimento de 100% do Mapa de 52 semanas	SIM
5	ACM realizada	Todas as paradas conforme gatilho com ACM realizadas	SIM
6	Planos no SAP atualizados	Planos de manutenção atualizados com lista de tarefas	SIM
7	Ordens de serviço registradas	Gaps de apontamento	SIM
8	Aderência ao Radas de Grandes Paradas	Aderência ao radar das grandes paradas	SIM
9	Notas de manutenção programada	Todas as notas com ordem de manutenção programada	SIM
10	Laudos de Análise de óleo em dia	100% cumprimento de coleta de óleo e notas abertas para recomendações	SIM

Fonte: Autor (2022).

A Tabela 4 traz a relação dos indicadores de desempenho relacionados às técnicas de manutenção e o seu aproveitamento durante uma jornada mensal de atividades.

Tabela 4 – Indicadores de desempenho da manutenção

<b>Manutenção Preditiva</b>	<b>Geradas</b>	<b>Executadas</b>	<b>Resultado</b>
Mecânica	21	21	100%
Elétrica	15	15	100%
Britagem Secundária	4	4	100%
<b>Manutenção Preventiva</b>			
Mecânica	66	66	100%
Elétrica	51	51	100%
Britagem Secundária	28	28	100%
<b>Lubrificação</b>			
Mecânica	53	53	100%
Elétrica	42	42	100%

Continuação

			Conclusão
Britagem Secundária	21	21	100%
<b>Manutenção Rotineira</b>			
Mecânica	23	23	100%
Elétrica	17	17	100%
Britagem Secundária	8	8	100%

Fonte: Autor (2022).

#### 4.5 Mapa de 52 Semanas

A elaboração do Mapa de 52 semanas da manutenção foi efetuada com base nas informações antes obtidas pelos cálculos da matriz de criticidade, RPN com o intuito de planejar de forma produtiva as aplicações das manutenções com seus respectivos equipamentos. Outro ponto a destacar é que as manutenções corretivas para a fábrica estão classificadas como manutenções rotineiras, ou seja, ajuste, lubrificações reparos diariamente antes dos processos produtivos darem sequência.

No caso das manutenções preventivas, com base nas informações adquiridas por meio de entrevistas, a aplicação desta técnica acontece mensalmente independente de o equipamento estar em ótimo estado. Entretanto, em situações de avaria fora do planejado por conta de fatores externos, a equipe de manutenção supervisiona os funcionamentos do sistema.

Por fim, a manutenção preditiva, de acordo com as informações do entrevistado, ocorre semestralmente ou anualmente, dependendo do inventário do plano da manutenção.

Com base nas informações do plano de manutenção, foi elaborado e proposto um novo mapa de 52 semanas em que os principais equipamentos anteriormente mencionados estão destacados no mapa. Esta proposta se baseia no nível de criticidade e técnica de manutenção que os equipamentos relacionados estão classificados, junto aos intervalos propriamente especificados pela gestão. O Apêndice D apresenta o modelo de plano da manutenção proposto como guia para entendimento e execução das estratégias de planejamento e controle da manutenção.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção pode ser aplicada de diversas maneiras, contanto que a empresa entenda as metas e estratégias que almeja alcançar. Dessa forma, é imprescindível que os conhecimentos de todas as aplicações do conceito de planejamento e controle da manutenção seja não somente entendido, mas aplicados no ramo industrial.

Vale ressaltar que uma decisão equivocada, por mais simples que aparente ser pode comprometer toda produção. A escolha do modelo de manutenção que será executado a determinado sistema representa uma grande importância, pois uma vez entendido o funcionamento e a necessidade de atenção que o equipamento informa, os resultados demonstrarão o melhor desempenho da organização.

Este estudo possibilitou testemunhar como os conhecimentos adquiridos em teoria são aplicados na prática. Todo o entendimento das estratégias e elaboração do melhor plano de manutenção a ser executado principalmente aos equipamentos essenciais na produção de cimento.

Com isso, pôde-se entender como a aplicação da ferramenta FMEA e Matriz de Criticidades foram essenciais para a interpretação do relatório técnico dos equipamentos como a análise das falhas ocasionadas na jornada de trabalho. Outro ponto a se destacar é a avaliação do RPN, onde o maior valor obtido foi de 448 com destaque para os dois equipamentos ensacadeiras, pertencentes ao setor de expedição.

Dessa forma, é notório que neste setor de fato os equipamentos operam praticamente 24 horas, o que justifica o valor alto que apresentaram. O mapa de 52 semanas justificou ser de extrema relevância pois beneficiou o entendimento e melhor visualização das operações de manutenção destacando cada equipamento com a sua respectiva técnica aplicada.

Também foi identificado que para um melhor entendimento do sistema produtivo, estratificar os processos com seus respectivos equipamentos favorecerão para uma análise detalhada onde é de extrema relevância a manutenção ter os dados de maneira clara e objetiva com o intuito de aplicar as ferramentas importantes do planejamento e controle da manutenção.



Por fim, considera-se que os resultados aqui apresentados foram satisfatórios, atendendo aos objetivos expostos respondendo a proposta da pesquisa. Ademais, o estudo serviu como auxílio para uma nova elaboração do plano de estratégias da manutenção da empresa em estudo, visto que as informações e aplicação de ferramentas foram objetivas e fáceis de aplicar, em comparação a um modelo complexo que a empresa adota atualmente.

## REFERÊNCIAS

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. Qualitymark Editora Ltda, 2009.

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Engeteles Editora Ltda, 2018.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. DG Editora Ltda, 1998.

FOGLIATO, Flavio; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Elsevier Brasil, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA. SEPN 515. **Mercado de Cimento no Brasil**. 4. ed. Brasília: Editora Carlos Taurisano.

CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de; MESQUITA, Pedro Paulo Dias ; MELO, Luciane Paiva D'avila. **Cimento**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro: 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria Brasileira de Cimento**. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: 2012.

JÁ SANTOS, PARRA FILHO. **Metodologia Científica**. [ S./I.]: Instituto Alfa, 2012. Disponível em:  
<http://ava.institutoalfa.com.br/tcc/apostila-de-metodologia-cient%C3%ADfica.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2022.

LINO RAMPANAZZO. **Metodologia Científica**. [ S./I.]: Google Books, 2005. Disponível em:  
[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rwyufjs\\_DhAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=metodologia+cientifica&ots=9tDnjiCmvy&sig=cQud\\_84Rp461RjWVPD5rtYROqsU#v=onepage&q=metodologia%20cientifica&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rwyufjs_DhAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=metodologia+cientifica&ots=9tDnjiCmvy&sig=cQud_84Rp461RjWVPD5rtYROqsU#v=onepage&q=metodologia%20cientifica&f=false). Acesso em: 3 jun. 2022.

DI SERIO, VASCONCELLOS. **Estratégia e Competitividade Empresarial, Inovação e criação de valor**. [ S./I.]: Google Books, 2017. Disponível em:  
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=cx1nDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=competitividade+empresarial&ots>

=rxA\_93F6sl&sig=nNfD96l7MA85Qas829EFNnyogjs#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 11 jun. 2022.

ANDRADE, CUNHA, SILVA. **Desenvolvimento e Perspectiva da Indústria do Cimento.** [ S./.]: Google Books, 2002. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13456/3/BS%2015%20Desenvolvimento%20e%20Perspectivas%20da%20Ind%3%bacteria%20de%20Cimento\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13456/3/BS%2015%20Desenvolvimento%20e%20Perspectivas%20da%20Ind%3%bacteria%20de%20Cimento_P_BD.pdf). Acesso em: 12 jun. 2022.

CUNHA, FERNANDEZ. **A Indústria de Cimento: Perspectiva de Retomada Gradual.** [ S./.]: Google Books, 2003. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2541/1/BS%2018%20A%20ind%3%bacteria%20de%20cimento\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2541/1/BS%2018%20A%20ind%3%bacteria%20de%20cimento_P.pdf). Acesso em 16 jun. 2022.

PAULINO. **Aspectos Relacionados à Manutenção de Equipamentos e Instalações.** [ S./.]: Google Books, 2014. Disponível em: [https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2014/03/ed-97\\_Fasciculo\\_Cap-II-Manutencao-de-transformadores.pdf](https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2014/03/ed-97_Fasciculo_Cap-II-Manutencao-de-transformadores.pdf). Acesso em: 29 jun. 2022.

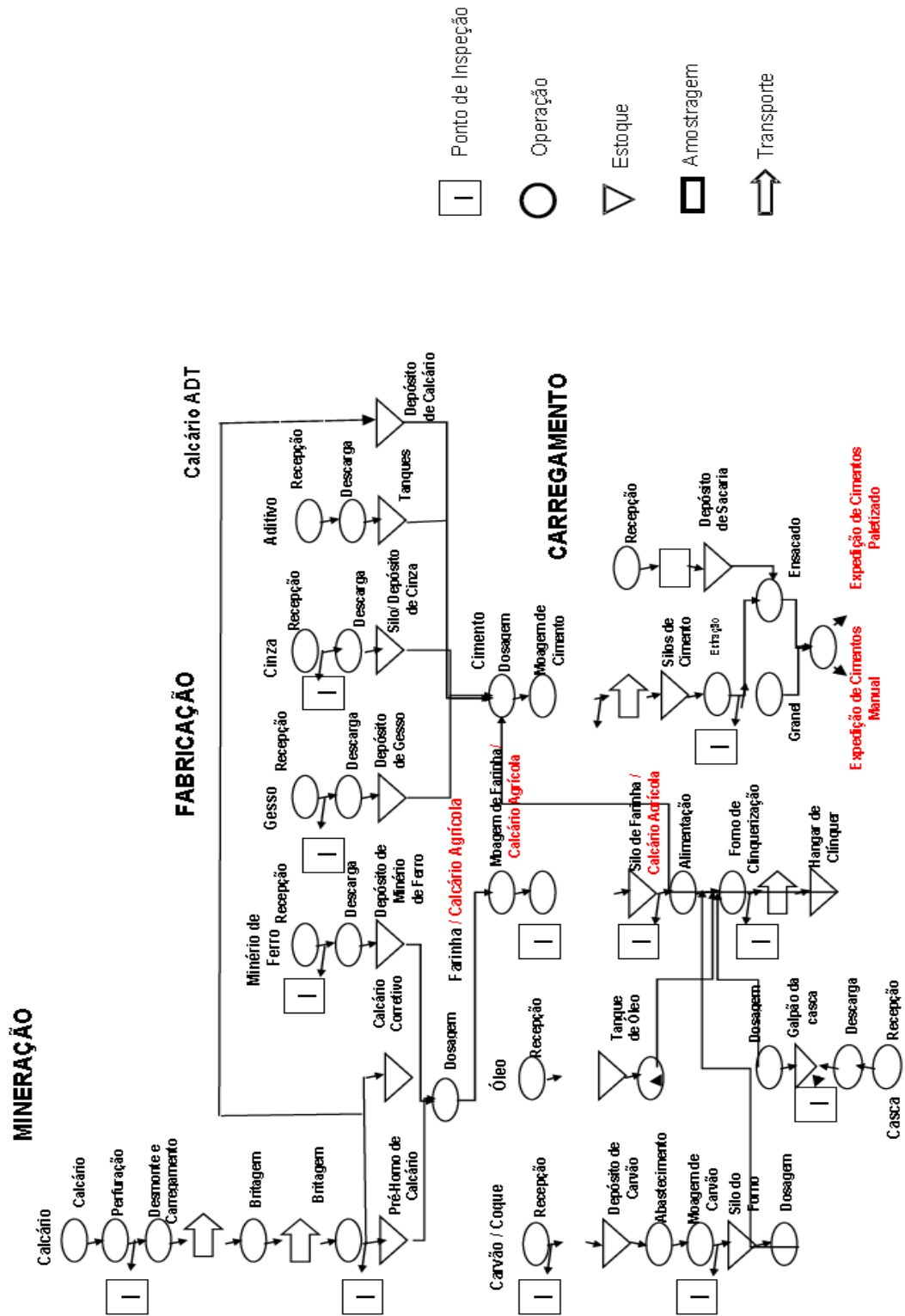
BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. **Desenvolvimento e Perspectivas da Indústria do Cimento.** [ S./.]: bndes.gov.br, 2002. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13456/3/BS%2015%20Desenvolvimento%20e%20Perspectivas%20da%20Ind%3%bacteria%20de%20Cimento\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13456/3/BS%2015%20Desenvolvimento%20e%20Perspectivas%20da%20Ind%3%bacteria%20de%20Cimento_P_BD.pdf). Acesso em: 29 jun. 2022.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **História do Cimento Portland.** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento/historia/>. Acesso em: 04 jul. 2022.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **A Nova Norma de Especificação do Cimento ABNT NBR 16697.** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://abcp.org.br/a-nova-norma-de-especificacao-de-cimento-abnt-nbr-16697-saiba-o-que-mudou-e-o-que-nao-mudou/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Fluxograma do Processo



## Apêndice B – FMEA

FMEA Processo Britagem Secundária												
Nº FMEA: 1			Revisão Nº: 2			Responsável: Enviado por:						
Processo: Britagem Secundária			Área: Britagem Secundária			Gilberto Moura Gilberto Moura						
Data de Início: 01/12/2022												
Sistema: Britagem Secundária												
Descrição do Sistema					Análise de Falha							
Conjunto	Função	Equipamento	Função do Equipamento	Modos de Falha	Efeitos	Causas	Occorência	Severidade	Deteção	RPN	RPN Médio	
Britador Cônico		Motor Hidráulico de Regulagem	Ajuste de abertura simples e rápido	Elevação da temperatura	Sobreaquecimento do óleo hidráulico	Contaminação de poeira	4	8	8	256		
		Mancal Elétrico	Apoio para eixos gigantes	Vazamento de Lubrificante	Falta de lubrificação	Desgaste		4	5	8	160	
		Contra Eixo	Eixo de acionamento	Vibração de baixa frequência	Sobrecarga	Trabalho realizado além da capacidade		4	6	6	144	
		Vedações contra poeira	Evita a entrada de poeira no sistema de lubrificação	Elevação da temperatura	Sobreaquecimento do óleo hidráulico	Contaminação de poeira		2	7	7	98	
		Engrenagens Helicoidais	Mais resistentes e silenciosas ao processo	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação		4	6	6	144	
		Base Skid	Base composta por isoladores de vibração	Ruptura na base	Impacto de dimensões fora do padrão	Desgaste da grelha separadora		3	5	8	120	172
		Cilindros Hidráulicos	Proteção de sobrecarga gerando maior alívio e segurança	Fluido hidráulico	Desgaste	Contaminação do fluido hidráulico		3	7	8	168	
		Câmara de Britagem	Aumentar a eficiência de britagem e minimizar os esforços excessivos do equipamento	Folga excessiva na câmara	Obstusão do equipamento	Deformação das placas dos côncavos		4	8	7	224	
		Correia Transportadora	Transportar o material britado	Rompimento	Desgaste	Corrosão do material		3	8	9	216	
		Grelha	Transportar material recebido da extração	Ruptura na base	Desgaste	Corrosão do material		3	8	8	192	

FMEA Processo Pré-Homogeneização												
Nº FMEA: 2 Processo: Pré-Homogeneização			Revisão N°: 2 Área: Pré-Homogeneização			Data de Início: 01/12/2022 Sistema: Pré-Homogeneização		Responsável: Enviado por: Gilberto Moura Gilberto Moura				
Descrição do Sistema					Análise de Falha							
Conjunto	Função	Equipamento	Função do Equipamento	Modos de Falha	Efeitos	Causas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	RPN Médio	
Retomadora Circular	Recuperar material a granel de um estoque e efetuar o processo de pré-homogeneização	Torre Giratória	Sustentar e garantir a movimentação da retomadora circular	Vazamento de lubrificante	Falta de lubrificação	Desgaste	3	8	8	192	144,3	
		Correia de Lança	Transmitir o movimento e garantir o funcionamento da lança	Rompimento	Desgaste	Corrosão do material	2	7	7	98		
		Lança	Distribuir a matéria-prima para formar a pilha circular	Vibração de baixa frequência	Sobrecarga	Trabalho realizado além da capacidade	3	6	6	7		126
		Trilhos	Caminho do qual a retomadora percorrerá para distribuição	Vibração de baixa frequência	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	2	9	9	5		90
		Mecanismos de Elevação	Elevar conforme a configuração de distribuição	Vazamento de lubrificante	Falta de lubrificação	Desgaste	3	8	8	6		144
		Correia Transportadora	Transportar o material britado	Rompimento	Desgaste	Corrosão do material	3	9	9	8		216

Nº FMEA: 3 Processo: Moagem de Cru		FMEA Processo Moinho de Cru Revisão Nº: 4 Área: Manutenção		Data de Início: 16/12/2022 Sistema: Manutenção		Responsável: Enviado por: Gilberto Moura Gilberto Moura							
Conjunto	Função	Descrição do Sistema				Análise de Falha				Avaliação de Risco			
		Equipamento	Função do Equipamento	Modos de Falha	Efeitos	Causas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	RPN Médio		
Moinho de Bolas	Moagem de materiais que devem ser reduzidos a granulometrias finíssimas	Elementos Moedores	Reduzir o material em nível de grânulo ao entrar em contato	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	5	8	8	320	167,2		
		Coroa	Acionamento de transmissão	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	6	9	7	378			
		Boca de Descarga	Descarga do material granulado	Vazamento de Granulo	Perda de produto	Corrosão da Boca de Descarga	2	6	8	96			
		Acoplamento Elástico	Unir peças e conduzir potência	Rompimento	Perda da união de peças	Desgaste do material	2	7	7	98			
		Motor	Converter a energia elétrica em mecânica	Elevação da temperatura	Sobreaquecimento do óleo hidráulico	Contaminação de poeira	1	8	7	112			
		Acoplamento Hidráulico	Executar partidas mais suaves à máquinas com grandes inércias	Vazamento de Óleo	Perda da execução de partidas suaves	Desgaste do material	3	6	8	144			
		Redutor	Mudar a intensidade de movimento do acionador	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	4	8	8	256			
		Mancal	Dar apoio e suportar uma carga enquanto está em contato com um eixo ou elemento rolante	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	5	8	7	280			
		Skid Metálico	Base estrutural fabricada para comportar equipamentos industriais	Ruptura na base	Impacto de dimensões fora do padrão	Desgaste da greiha separadora	1	7	5	35			
		Revestimento Lateral	Proteger a carcaça do moinho contra desgastes e contaminação	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	2	5	6	60			
Revestimento Cilindrico	Proteger a carcaça do moinho contra desgastes e contaminação	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	2	5	6	60					

FMEA Processo Expedição											
Nº FMEA: 5		Revisão Nº: 6		Data de Início: 01/12/2022		Responsável:		Gilberto Moura			
Processo: Expedição		Área: Expedição		Sistema: Expedição		Enviado por:		Gilberto Moura			
Descrição do Sistema				Análise de Falha				Avaliação de Risco			
Conjunto	Função	Equipamento	Função do Equipamento	Modos de Falha	Efeitos	Causas	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
Enscadeira	Encher sacos de 50 quilos	Turbina vertical	Enchimento com pouco ar e sacos com peso ideal	Regulagem de grão	Sacos com volume não padronizado	Equipamento descalibrado	7	8	8	448	
		Bico de enchimento	Encher os sacos acoplados na ensacadeira	Ostrução do equipamento	Fornecimento incompleto de cimento	Desgaste no bico de enchimento	6	8	9	432	
Esteira Horizontal	Enviar os sacos de cimento para a paletizadora	Motoredor	Fornecer energia mecânica para rotação da esteira	Vibração/Elevação da temperatura	Desgaste	Desalinhamento e falta de lubrificação	2	8	7	112	
		Rolete	Suportar a correia e o material (sacos de cimento)	Vazamento de Lubrificante	Falta de lubrificação	Desgaste	2	6	7	84	
		Esteira	Transportar os sacos	Rompimento	Desgaste	Desgaste	Corrosão do material	3	7	8	168
		Mancal	Apoiar os eixos e permitir rotação	Elevação da temperatura	Sobreaquecimento do óleo hidráulico	Desgaste	Contaminação de poeira	3	6	7	126
Paletizadora	Organizar os sacos sobre os paletes	Transferidor de sacos	Programa automatizado para alinhar os sacos aos paletes	Rompimento	Desgaste	Corrosão do material	7	8	8	448	
		Cilindro motorizado	Transferência de paletes e reposição	Vazamento de Lubrificante	Falta de lubrificação	Desgaste	4	7	6	168	
RPN Médio											



## Apêndice C – Técnicas de Manutenção conforme RPN e Criticidade

Conjunto	Código	Peças	Segurança	Qualidade	Produção	Quebra	Custo	Valor	Criticidade	RPN	Manutenção
Britador Cônico	BC1	Motor Hidráulico de Regulagem	1	1	3	2	3	18	A	256	PREDITIVA
	BC2	Mancal esférico	1	2	1	2	2	8	B	160	PREDITIVA
	BC3	Contra Eixo	1	2	2	1	2	8	B	144	PREVENTIVA
	BC4	Vedações contra poeira	1	1	1	1	1	1	C	98	CORRETIVA
	BC5	Engrenagens Helicoidais	1	1	2	2	2	8	B	144	PREVENTIVA
	BC6	Base Skid	1	1	1	1	1	1	C	120	PREVENTIVA
	BC7	Cilindros Hidráulicos	1	1	2	1	1	2	C	168	PREVENTIVA
	BC8	Câmara de Britagem	1	1	2	2	1	4	C	224	PREVENTIVA
	BC9	Correia Transportadora	1	1	2	1	1	2	C	216	PREVENTIVA
	BC10	Grelha	1	1	2	1	1	2	C	192	PREVENTIVA
Pilha Circular	PH1	Torre Giratória	2	1	1	1	2	4	C	192	PREVENTIVA
	PH2	Correia de Lança	1	1	1	1	1	1	C	98	CORRETIVA
	PH3	Lança	1	1	1	1	1	1	C	126	CORRETIVA
	PH4	Trilhos	1	1	2	1	1	2	C	90	CORRETIVA
	PH5	Mecanismos de Elevação	2	1	2	1	2	8	B	144	PREVENTIVA
	PH6	Correia Transportadora	1	1	2	1	1	2	C	216	PREVENTIVA
Moinho de Bolas	MB1	Elementos Moedores	1	2	2	1	2	8	B	320	PREDITIVA
	MB2	Coroa	2	1	1	2	1	4	C	378	PREVENTIVA
	MB3	Boca de Descarga	2	1	1	1	2	4	C	96	CORRETIVA
	MB4	Acoplamento Elástico	1	1	2	2	1	4	C	98	CORRETIVA
	MB5	Motor	2	1	3	2	3	36	A	112	PREDITIVA
	MB6	Acoplamento Hidráulico	2	1	2	2	1	8	B	144	PREVENTIVA
	MB7	Redutor	2	1	1	3	3	18	A	256	PREDITIVA
	MB8	Mancal	1	1	3	3	1	9	B	280	PREDITIVA
	MB9	Skid Metálico	3	1	1	1	1	3	C	35	CORRETIVA
	MB10	Revestimento Lateral	1	1	1	1	2	2	C	60	CORRETIVA
	MB11	Revestimento Cilíndrico	1	1	2	1	2	4	C	60	CORRETIVA
Moinho de Rolos	MR1	Comporta Giratória de Alimentação	3	1	1	2	2	12	B	84	PREVENTIVA
	MR2	Separador	1	1	1	2	2	4	C	196	PREVENTIVA
	MR3	Mesa de Trituração	2	1	3	2	2	24	A	224	PREDITIVA
	MR4	Sistema de Carregamento Hidráulico	1	2	2	1	2	8	B	144	PREVENTIVA
	MR5	Filtros de Manga	1	2	1	1	1	2	C	245	PREVENTIVA
	MR6	Separador Magnético	1	1	2	2	2	8	B	432	PREDITIVA
	MR7	Pinhão	1	1	2	2	1	4	C	160	PREVENTIVA
	MR8	Coroa de acionamento	1	3	2	2	1	12	B	320	PREDITIVA
	MR9	Rolos de moagem articuláveis	1	2	3	1	1	6	B	384	PREDITIVA
	MR10	Mancal	1	1	1	2	1	2	C	108	CORRETIVA
	MR11	Motor	2	1	3	2	3	36	A	112	PREDITIVA
Ensacadeira	EM1	Turbina Vertical	1	2	2	2	1	8	B	448	PREDITIVA
	EM2	Bico de Enchimento	1	2	2	2	1	8	B	432	PREDITIVA
Esteira Horizontal	EH1	Motorreductor	1	1	2	3	3	18	A	112	PREDITIVA
	EH2	Rolete	1	1	1	1	1	1	C	84	CORRETIVA
	EH3	Esteira	1	1	2	2	1	4	C	168	PREVENTIVA
	EH4	Mancal	1	1	2	2	2	8	B	126	PREVENTIVA
Paletizadora	PE1	Transferidor de sacos	1	2	2	2	1	8	B	448	PREDITIVA
	PE2	Cilindro motorizado	1	1	2	2	2	8	B	168	PREDITIVA

Apêndice D – Mapa de 52 Semanas da Manutenção

	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
1	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	37	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	PH2; PH3; PH4	MB9; MB10; MB11
2	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	P1; P2	PH2; PH3; PH4			38	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	EM1; EM2; EH1	PH1; PH5; PH6	MB2; MB6
3	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	MB9; MB10; MB11	39	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC7; BC8; BC9; BC10		EH3; EH4
4	X	BC4; MB3; MB4	EM1; EM2; EH1	P1; P2			MB2; MB6	40	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8			
5	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	41	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	PH2; PH3; PH4	MB9; MB10; MB11
6	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8				MB2; MB6	42	X	BC4; MB3; MB4	P1; P2		EM1; EM2; EH1	MB2; MB6
7	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	43	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	PH2; PH3; PH4		EH3; EH4
8	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	MR1; MR2; MR4	P1; P2	PH1; PH5; PH6	MB2; MB6	44	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8			
9	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	MR5; MR7	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	45	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	PH2; PH3; PH4	MB9; MB10; MB11
10	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	MR3; MR6; MR8; MR9; MR11			MB2; MB6	46	X	BC4; MB3; MB4	P1; P2		EM1; EM2; EH1	MB2; MB6
11	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	47	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	PH2; PH3; PH4		EH3; EH4
12	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	P1; P2	EM1; EM2; EH1		MB2; MB6	48	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8			
13	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	49	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	MR1; MR2; MR4; BC3; BC5; BC6	PH2; PH3; PH4	MB9; MB10; MB11
14	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	P1; P2				50	X	BC4; MB3; MB4	P1; P2	MR5; MR7	EM1; EM2; EH1	MB2; MB6
15	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4	51	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	PH2; PH3; PH4		EH3; EH4
16	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8				MB2; MB6	52	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8			
17	X	BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC3; BC5; BC6	BC7; BC8; BC9; BC10	PH2; PH3; PH4	EH3; EH4			BC4; MB3; MB4	MR10; EH2	BC7; BC8; BC9; BC10		
18	X	BC4; MB3; MB4	BC1; BC2; MB1; MB5; MB7; MB8	P1; P2						BC4; MB3; MB4				

Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva
Manutenção Semanal	Manutenção Mensal	Manutenção Mensal
Manutenção Quinzenal	Manutenção Trimestral	Manutenção Semestral
Manutenção Mensal	Manutenção Semestral	Manutenção Anual