

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

RAFAEL LANGHINOTTI FAVARIN

**PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO METAL
MECÂNICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

RAFAEL LANGHINOTTI FAVARIN

**PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UMA INDÚSTRIA DO
RAMO METAL MECÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. M.sC. Mauricio Pegoraro

PATO BRANCO

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Planejamento De Manutenção Preventiva Em Uma Indústria Do Ramo Metal Mecânico

Rafael Langhinotti Favarin

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 21/11/2018 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. MsC. Roberto Nunes da Costa
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. MsC. Mauricio Pegoraro
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

RESUMO

FAVARIN, Rafael Langhinotti. Planejamento De Manutenção Preventiva Em Uma Indústria Do Ramo Metal Mecânico. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O cenário atual da manutenção preventiva de pequenas e médias indústrias no Brasil em geral não é satisfatório. Isso se deve à falta de investimento em planejamento e controle desta manutenção, bem como o interesse das indústrias em capacitar e inserir profissionais qualificados em número suficiente nesta área. Considerando tais informações, este trabalho tem o objetivo de propor um plano de manutenção preventiva para uma indústria específica do ramo siderúrgico. Para isso foram realizadas entrevistas além de visitas ao local afim de realizar um acompanhamento das ações de manutenção do setor de fundição da empresa. A empresa em estudo apresenta um alto índice de manutenções corretivas e muitas vezes há falta de organização das manutenções preventivas. Visando contribuir com o estudo, os dados foram submetidos a matriz de criticidade o que ocasionou uma classificação do maquinário das áreas do setor de interesse. Os planos de manutenção preventiva para as máquinas de alta criticidade selecionadas poderão vir a contribuir na implementação de uma cultura de manutenção preventiva na empresa.

Palavras-Chave: Matriz de criticidade; Eficiência; Plano de manutenção.

ABSTRACT

FAVARIN, Rafael Langhinotti. Preventive Maintenance Planning In A Metalworking Industry. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

The current scenario of preventive maintenance of small and medium industries in Brazil in general is not satisfactory. This is due to the lack of investment in planning and control of this maintenance, as well as the interest of the industries in qualifying and inserting qualified professionals in sufficient numbers in this area. Considering this information, this work has the objective of proposing a preventive maintenance plan for a specific industry in the steel industry. For this, interviews were carried out in addition to visits to the site in order to follow up on the maintenance actions of the foundry sector of the company. The company under study presents a high index of corrective maintenance and often there is a lack of organization of preventive maintenance. Aiming to contribute to the study, the data were submitted to a criticality matrix, which resulted in a classification of the machinery of the areas of interest. The preventive maintenance plans for the selected high criticality machines may contribute to the implementation of a preventive maintenance culture in the company.

Keywords: criticality matrix; Efficiency; Maintenance plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação Tipo de Falha x Tipo de Manutenção.....	23
Figura 2 - Exemplo de fluxo de Ordem de Serviço.....	30
Figura 3 - Modelo de uma Ordem de Serviço.....	31
Figura 4 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa	37
Figura 5 – Ciclo Produtivo do Setor de Fundição.....	44
Figura 6 – Modelo de anotações referentes a troca de componentes e lubrificações.....	45
Figura 7 – Área de alocação de itens de reposição e realização de manutenções.....	46
Figura 8 – Modelo de Matriz de Criticidade.....	52
Figura 9 – Matriz de Criticidade MDL-001.....	53
Figura 10 – Matriz de Criticidade VAZ-002.....	53
Figura 11 – Matriz de Criticidade REC-003.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Codificação FD Gerência de Fundição moldagem do setor de fundição.....	41
Tabela 2 – Notas de ocorrências e severidade para a área MLD-001.....	50
Tabela 3 – Notas de ocorrências e severidade para a área VAZ-002.....	50
Tabela 4 – Notas de ocorrências e severidade para a área REC-003.....	51
Tabela 5 – Tags selecionadas para os planos de manutenção.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Codificação/tagueamento dos equipamentos da área de moldagem do setor de fundição.....	42
Quadro 2 - Categorias de Severidade dos possíveis modos de falha.....	48
Quadro 3 - Categorias de Ocorrência dos possíveis modos de falha.....	49
Quadro 4 - Plano de manutenção preventiva CLD-001-001.....	57
Quadro 5 - Plano de manutenção preventiva FUS-001-001.....	60
Quadro 6 - Plano de manutenção preventiva ELE-001-001.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

CMFT – Custo de Manutenção por Faturamento
CMVP – Custo de Manutenção por Valor de Reposição
CTMN – Custo Total de Manutenção
DISP – Disponibilidade de Equipamentos
DP – Disponibilidade Operacional
EG – Eficiência Global
FIFO – “*First in – First Out*”
FTEP – Faturamento da Empresa
HROP – Número de Horas de Operação
HTMC – Horas Totais de Manutenção Corretiva
HTMN – Número de Horas Totais de Manutenção
MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade
MPT – Manutenção Produtiva Total
NOIT – Número de Itens
NTMC – Número Total de Manutenções Corretivas
NUCREC – Need Urgency Customer Rank Equipment Criticality
OS – Ordem de Serviço
PCM – Planejamento de Controle da Manutenção
QPA – Qualidade dos Produtos Aceitáveis
RIME - Ranking Index for Maintenance Expenditures
RO – Rendimento Operacional
TMEF – Tempo Médio Entre Falhas
TMPF – Tempo Médio para Falha
TMPR – Tempo Médio para Reparo
TON – Taxa Operacional Nominal
TVO – Taxa de Velocidade Operativa
VLRP – Valor de Reposição
MC – Matiz de Criticidade
CLP – Controlador Lógico Programável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A MANUTENÇÃO NO CONTEXTO HISTÓRICO	16
2.2 A MANUTENÇÃO E SUAS VARIADAS FORMAS	18
2.2.1 Manutenção Corretiva	19
2.2.2 Manutenção Preventiva	20
2.2.3 Manutenção Preditiva	21
2.2.4 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	21
2.2.5 Manutenção Produtiva Total (MPT).....	23
2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO (PCM).....	25
2.3.1 Planejamento	26
2.3.2 Controle.....	27
2.4 FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO.....	28
2.4.1 Tagueamento	29
2.4.2 Sistema de Ordem de Serviço.....	29
2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO OU INDICADORES CLASSE MUNDIAL...31	
3 METODOLOGIA PROPOSTA	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	36
3.2 OBJETO DA PESQUISA.....	36
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39

4.1 DEFINIÇÃO DOS SETORES DE RELEVÂNCIA DENTRO DO SETOR DE MANUTENÇÃO	39
4.2 REALIZAÇÃO DE CADASTRO E CODIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS (TAGUEAMENTO)	40
4.2.1 Ciclo Produtivo do Setor de Fundição	43
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO ADOTADOS PELA INDÚSTRIA.....	44
4.4 DETERMINAÇÃO DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS	47
4.5 PLANOS DE MANUTENÇÃO DAS TAGS SELECIONADAS.....	55
4.5.1 Gasadora CLD-001-001	55
4.5.2 Forno de indução eletromagnética FUS-001-001.....	59
4.5.3 Conjunto motoredutor ELE-001-001.....	64
5 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE I – CODIFICAÇÃO E TAGUEAMENTO DAS ÁREAS DE VAZAMENTO E RECUPERAÇÃO	71

1 INTRODUÇÃO

As profundas mudanças políticas, econômicas e sociais quais o Brasil passou nos últimos anos aliadas ao desenvolvimento tecnológico industrial forçaram as empresas a modernizar suas produções. Como essa modernização está relacionada aos equipamentos que possibilitam o andamento da produção e metas desafiadoras, grandes volumes de produção são estabelecidos. Tal fato deve-se também alto custo financeiro para o acompanhamento dessa modernização. Entretanto, muitas vezes esses equipamentos não conseguem desempenhar suas funções de forma a acompanhar o ritmo desse desenvolvimento devido a problemas de baixa confiabilidade ou mau funcionamento (XENOS, 1998).

Historicamente as atividades de manutenção foram reconhecidas como um mal necessário por várias funções de gerenciamento de uma organização. Porém, recentemente essa atitude tem sido intensamente substituída pelo reconhecimento da manutenção como função estratégica. Os fatores que contribuíram para essa mudança incluem: preocupações ambientais, questões relacionadas à segurança, garantia e fatores de responsabilidade, envelhecimento das instalações e equipamentos antigos e a impulsão da redução de custos de uma organização. Com isso, atividades de manutenção que não contribuem com a preservação ou restauração das funções pretendidas dos ativos devem ser eliminadas (TSANG, 1995).

Entretanto, manter uma indústria em funcionamento o tempo todo, gera um custo elevado. Assim sendo, a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos são fatores chaves que determinam se tudo irá sair conforme o planejamento, tanto em termos de quantidades, quanto no que se refere a prazos de entrega, qualidade e custos, já que todo e qualquer equipamento está sujeito à falhas (REIS et al. 2010). Neste contexto, a manutenção industrial pode vir a colaborar enormemente, visto que irá contribuir para a garantia de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Para Kardec e Nascif (2001) a manutenção, para ser estratégica, deve estar voltada para os resultados. Não basta estar somente fadada a reparos em equipamentos, deve existir um planejamento das ações, garantindo funcionamento e disponibilidade do maquinário, evitando assim paradas não planejadas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Tavares (1999, p.19) “a implementação do planejamento e controle, apresenta uma configuração de custos invertida com taxa negativa anual da ordem de 20%” ou seja, essa implementação afeta diretamente nos custos da empresa. Ainda segundo o autor, tal fato pode representar uma economia no cômputo geral de 300 a 500% devido a prevenção de quebras em equipamentos e paradas de produção.

Palmer (2006) contribui de forma a apontar que o planejamento da manutenção pode auxiliar na organização, pois otimiza o tempo de trabalho da equipe de manutenção. Em casos de ausência do planejamento de eventos de manutenção, alguns imprevistos podem tornar-se reais, reduzindo o tempo de trabalho efetivo do profissional.

Ainda, Kister e Hawkings (2006) afirmam que o planejamento de práticas de manutenção podem reduzir o tempo de atraso de um serviço e de espera de um profissional quando este se depara com situações não planejadas. Segundo os autores, pode-se dizer que um planejamento de manutenção bem conduzido está relacionado com ganho de eficiência, com otimização do tempo de serviços.

Contudo, frequentemente as empresas, apesar de conhecer os benefícios de um sistema de manutenção bem planejado e executado, não realizam tais práticas, ficando a deriva de grandes riscos limitadores de produção. Desta forma, acredita-se que através de uma visualização dos benefícios apresentados pela execução de práticas de manutenção, a empresa em estudo venha a aderir estas ações e também servir de exemplo à outras.

No que se refere ao curso de graduação em Engenharia Mecânica, o tema escolhido propõe um aprendizado extremamente relevante. A proposta desse trabalho se justifica devido as grandes oportunidades no setor de manutenção para o profissional Engenheiro Mecânico. Este muitas vezes é responsável pelo setor e desempenha funções relacionadas a ele dentro das organizações. Somado a isto, espera-se da profissão capacidade para atuar nas áreas de gestão e controle das empresas.

Diante do exposto, o presente trabalho propõe responder a seguinte indagação: **Como elaborar um plano de manutenção preventiva para uma indústria do ramo metal mecânico?**

Trabalhando de maneira inteligente e assertiva em relação às práticas de manutenção, a gestão poderá minimizar os riscos quanto à seus ativos. O modelo proposto poderá contribuir na gestão dos resultados, otimizando os custos e maximizando o valor adicionado. Desse modo os resultados da pesquisa podem contribuir positivamente com a atividade da indústria.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um plano de manutenção preventiva para uma indústria específica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar um levantamento teórico acerca das concepções de Manutenção Industrial;
- b) Averiguar na literatura as proposições de manutenção preventiva;
- c) Caracterizar os procedimentos de manutenção adotados pela indústria objeto de estudo;
- d) Desenvolver um modelo de manutenção industrial preventiva adequado as características da indústria objeto de pesquisa;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A MANUTENÇÃO NO CONTEXTO HISTÓRICO

Apesar de passar despercebida, a manutenção está presente na história há várias eras, desde o acontecimento do início do manuseio dos instrumentos de produção mais básicos. Contudo, a manutenção industrial ocorre de forma efetiva ainda no século XVI, como função do organismo produtivo, através da aparição dos primeiros teares mecânicos, o que representou o fim da produção artesanal (VIANA, 2002).

Desta forma, considerando seu contexto histórico, esta passou por inúmeras fases de evolução. Porém, de acordo com Moubray (1997) foi apenas a partir dos anos 30 que tais avanços começaram a ser retratados de maneira mais pontual, dividindo a evolução histórica da manutenção em três fases: a primeira geração, a segunda geração e a terceira geração.

Ainda de acordo com Moubray (1997), a primeira geração corresponde ao período anterior a Segunda Guerra Mundial, momento em que a indústria possuía poucos recursos mecanizados, com equipamentos menos complexos, geralmente superdimensionados. Neste momento, considerando o contexto econômico vivido na época, vale ressaltar que a questão de produtividade não era considerada uma prioridade, o que não demandava o acontecimento de uma manutenção sistematizada, onde eram realizados apenas simples serviços de manutenção corretiva.

O período que perpassa dos anos 50 até os anos 70, após a Segunda Guerra Mundial, representa a segunda geração da manutenção industrial. Impulsionados pelos avanços tecnológicos oriundos desta fase histórica, o aumento na demanda de todos os produtos foi muito significativo, o que proporcionou fortemente o aumento da mecanização e diminuiu visivelmente o contingente de mão-de-obra. Como resultado desta situação, o aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais foi muito expressiva. Desta forma, com a crescente necessidade de disponibilidade e confiabilidade de produtos, a indústria passou a depender diretamente do bom funcionamento de seu maquinário e, com a ideia de que possíveis falhas nos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, surge então o conceito de manutenção preventiva (MOUBRAY, 1997).

Estabelecido o conceito de manutenção preventiva, ainda na década de 60, este consistia na realização de intervenções no maquinário sob intervalos fixos. Com isso, os custos de manutenção começaram a elevar-se significativamente em relação aos demais custos operacionais. Logo, buscou-se alternativas que pudessem diminuir tais custos elevados, mas que ainda prezassem a realização deste tipo de manutenção, o que estimulou a realização de sistemas de planejamento e de controle de manutenção dentro das indústrias da época, de acordo com Moubray (1997). Como prova da relevância deste acontecimento, tanto a questão de planejamento quanto o controle da manutenção fazem parte atualmente da manutenção moderna.

Alcançados inúmeros avanços (muito em razão do crescente aumento na demanda daquele período), o processo de mudanças nas indústrias seguiu aumentando. Já na década de 70, a paralização na fabricação de produtos e a diminuição de sua qualidade era um fator preocupante, visto o enorme aumento de custos atrelados a esta situação. Porém, o crescimento da automação e da mecanização que continuavam ocorrendo significavam uma segurança quanto a confiabilidade e disponibilidade no oferecimento dos mais variados artigos, e esta situação era refletida em todo o setor industrial, dentre estes a saúde, a comunicação, o setor de obras, e outros. Este período diz respeito a terceira geração da manutenção (KARDEC e NASCIF, 2001).

O aumento da automação na indústria não está relacionado apenas a progressos no oferecimento e produção dos mesmos, mas também a cada vez mais frequentes falhas que podem afetar o padrão de qualidade dos produtos oferecidos. Estes acontecimentos (falhas), de acordo com Kardec e Nascif (2001), provocam sérias consequências em relação à natureza e ao ambiente, áreas onde os padrões de exigência seguem aumentando. Desta forma, consolida-se o conceito e a realização de manutenção preditiva, um dos mais importantes acontecimentos que caracterizam a terceira geração em relação a manutenção.

Desde então, até a atualidade, inúmeras técnicas continuam sendo desenvolvidas e implantadas no setor industrial a partir do notável progresso vivido pela manutenção no decorrer da história.

Tratando-se da história da manutenção no Brasil, pode-se dizer que esta começa a acontecer de maneira sólida após “a verdadeira abertura dos portos na década de 90”, de acordo com Viana (2002, p. 2). Neste momento, o país viu-se obrigado a buscar por total qualidade de seus produtos e demais serviços,

considerando ainda um custo operacional que possibilitasse uma competição do produto produzido nacionalmente em relação aos estrangeiros, ainda de acordo com o autor. Este é o momento em que a manutenção mecânica, e seus mais diversos conceitos, estabelece-se em território brasileiro e começa de fato a ser realizada, impulsionando assim a produção nacional.

2.2 A MANUTENÇÃO E SUAS VARIADAS FORMAS

O conceito de manutenção, de acordo com a norma designada para formalizar os termos relacionados ao assunto, é definido como “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT NBR 5462, 1994, p. 6). Desta forma, a manutenção também pode ser entendida como o conjunto de ações que quando operadas de maneira correta podem possibilitar um item de operar conforme sua projeção, com o mínimo de interrupções relacionados à falhas e demais problemas.

Para Xenos (1998, p. 19), a manutenção de equipamentos pode estar associada a inclusão de atividades relacionadas ao tratamento de falhas (detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de medidas para sua reincidência). Contudo, tais atividades devem ser esporádicas, não devendo transformar-se no meio de vida de equipes de manutenção.

Ainda segundo Xenos (1998), eventuais falhas certamente poderão reduzir a capacidade funcional dos equipamentos em função da geração de produtos defeituosos ou mesmo pelo tempo de interrupção da produção. Por este motivo, o objetivo da manutenção em suma é prevenir a ocorrência de falhas nestes equipamentos.

Desta forma, por tratar-se de um termo amplo, a manutenção pode acontecer de várias maneiras dentro de uma indústria. Para melhor compreender sobre o tema e suas variações, é importante fazer uma caracterização de seus diversos tipos, que são: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo Xenos (1998, p. 23) “a manutenção corretiva é feita depois que a falha ocorreu”. Assim é possível associar então este tipo de manutenção a uma situação onde não há conhecimento do real estado do componente até a interrupção do funcionamento do mesmo. Ou seja, os custos envolvidos quando se deixa a manutenção ao acaso são relevantes, não sendo indicado realizar exclusivamente este tipo de manutenção

Segundo Kardec e Nascif (2001, p. 36), a manutenção corretiva consiste na “atuação para a correção de falha ou do desempenho menor que o esperado”. Com isso, ao realizar algum reparo em um equipamento que venha a apresentar rendimento ou desempenho menor que o esperado estamos realizando esta forma de manutenção.

Ainda de acordo com o autor, há duas possibilidades específicas que determinam a manutenção corretiva, sendo estas o desempenho deficiente determinado pelo acompanhamento de variáveis de operação, bem como a ocorrência de falhas. No que se refere às falhas, estas dizem respeito ao “término da capacidade de um item desempenhar a função requerida” (ABNT NBR 5462, 1994, p. 3).

Por esta razão, a manutenção corretiva é realizada após o acontecimento de uma falha em um item do sistema de produção, buscando corrigir ou restaurar suas condições de funcionamento ótimas. Ainda, este tipo de manutenção pode ser dividida em manutenção corretiva planejada e não planejada.

A manutenção corretiva planejada consiste na “correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra (KARDEC e NASCIF, 2001, p.38). Deve-se ressaltar que a realização de um trabalho com apoio de seu planejamento sempre irá acarretar em menores custos, mais rapidez, agilidade e segurança em relação a realização de um trabalho que não foi planejado. A manutenção corretiva não planejada consiste na “correção da falha de maneira aleatória”, ainda segundo Kardec e Nascif (2001, p. 37), isto é, caracteriza-se pelo acontecimento de práticas de manutenção após o acontecimento de um problema já ocorrido. De maneira geral, esta forma de manutenção está atrelada a altos custos em virtude de uma possível perda de produção e de qualidade do produto em situação de quebra de algum equipamento.

2.2.2 Manutenção Preventiva

Em relação à manutenção preventiva, entende-se todos os procedimentos que venham a reduzir ou evitar o acontecimento de falhas no maquinário, atuando de maneira a evitar esta situação (MARQUES, 2009) baseado em intervalos de tempo. Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva procura sempre evitar o acontecimento de falhas, de maneira à preveni-las.

É importante ressaltar que a manutenção preventiva está diretamente aliada a um cronograma de atividades, realizando assim, intervenções periódicas em componentes específicos.

Para Niebel (1994), a manutenção preventiva inclui inspeções e ações regulares de manutenção como lubrificação, limpeza de filtros e troca de óleos, de maneira a evitar que o equipamento venha a falhar de repente. Também este irá por consequência operar de maneira satisfatória.

Os fatores que devem ser levados em consideração para a realização de uma manutenção preventiva são: em casos onde não é possível a realização de manutenção preditiva, riscos de ocorrência de agressão ao meio ambiente, situação de equipamentos críticos de difícil liberação operacional, em casos de sistemas complexos e de operação contínua. Assim, se fará mais eficiente em casos de simplicidade na reposição, quanto mais alto for o custo destinado a esta atividade, quanto mais prejudicial estejam sendo as falhas durante a produção, bem como quanto maiores forem as implicações destas falhas quanto à segurança pessoal e operacional do sistema (KARDEC e NASCIF, 2001).

Almeida (2007) ressaltar que neste tipo de manutenção existem indicadores que devem ser aplicados com atenção, analisando a situação de trabalho de um equipamento, pois tanto podem existir situações onde são realizadas intervenções demasiadamente antecipadas, com desperdício de material e mão-de-obra como situações onde para um mesmo equipamento em condições de trabalho mais severas ocorrerão falhas precoces vindo a serem necessárias intervenções corretivas.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Segundo (Niebel, 1994) a manutenção preditiva utiliza a combinação de ferramentas economicamente viáveis para a obtenção das condições de operação de um equipamento da planta crítica, e a partir desses dados recolhidos é possível prever o tempo até a falha de maneira precisa.

Segundo Almeida (2007, p. 4) “a manutenção preditiva usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial para otimizar a operação total da planta industrial”. Isso ocorre devido as informações reais obtidas com as intervenções trazendo certeza para o gerenciamento da manutenção dos equipamentos da planta fabril.

Enquanto isso, atividades de manutenção preditiva podem ser consideradas como tarefas de manutenção preventiva que objetivam acompanhar equipamentos ou peças através de monitoramento, medições ou mesmo na forma de controle estatístico, na tentativa de prever a relação da ocorrência da falha. Este tipo de manutenção tem como principal anseio “determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora”, e assim evitar o acontecimento de desmontagens para inspeção, utilizando o componente até o máximo de sua vida útil (VIANA, 2002, p. 12).

Esta manutenção tem por objetivo prever que tipo de defeitos uma máquina pode apresentar. É possível relacionar este tipo de manutenção ao conceito de diagnóstico, evitando a necessidade de, quando necessário, desmontar uma máquina para descobrir qual o seu defeito. Assim é possível reduzir substancialmente os custos de manutenção, além de aumentar a produtividade dos equipamentos.

2.2.4 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

Para apresentação do conceito da Manutenção Centrada em Confiabilidade, é interessante primeiramente exibir a definição para o termo confiabilidade. Segundo Leemis (1995, p. 384) “a confiabilidade de um item é a probabilidade de que este desempenhe adequadamente sua finalidade específica por um período de tempo específico sob condições ambientais específicas”. É interessante para a utilização do conceito possuir padrões para comparação.

A partir do conceito de confiabilidade é possível direcionar-se a definição de MCC, assunto de interesse em questão. Moubray (1997, p. 7) define Manutenção Centrada em Confiabilidade como “um processo usado para determinar requisitos de manutenção de qualquer ativo físico em seu contexto operacional”.

A MCC atua por meio de técnicas de engenharia, com intuito de garantir a funcionalidade aos equipamentos de uma planta fabril. A partir de uma abordagem racional e sistemática, auxilia garantindo maior disponibilidade e menos intervenções e reparos, que se traduzem em diminuição dos custos relacionados a manutenção (FOGLIATO E RIBEIRO, 2009).

Diedrich (2014) cita a utilidade deste tipo de manutenção para equipamentos críticos de uma planta industrial. É interessante analisar o ambiente produtivo em estudo e relacioná-lo com a gestão da manutenção, atentando-se aos itens onde se necessita uma maior confiabilidade.

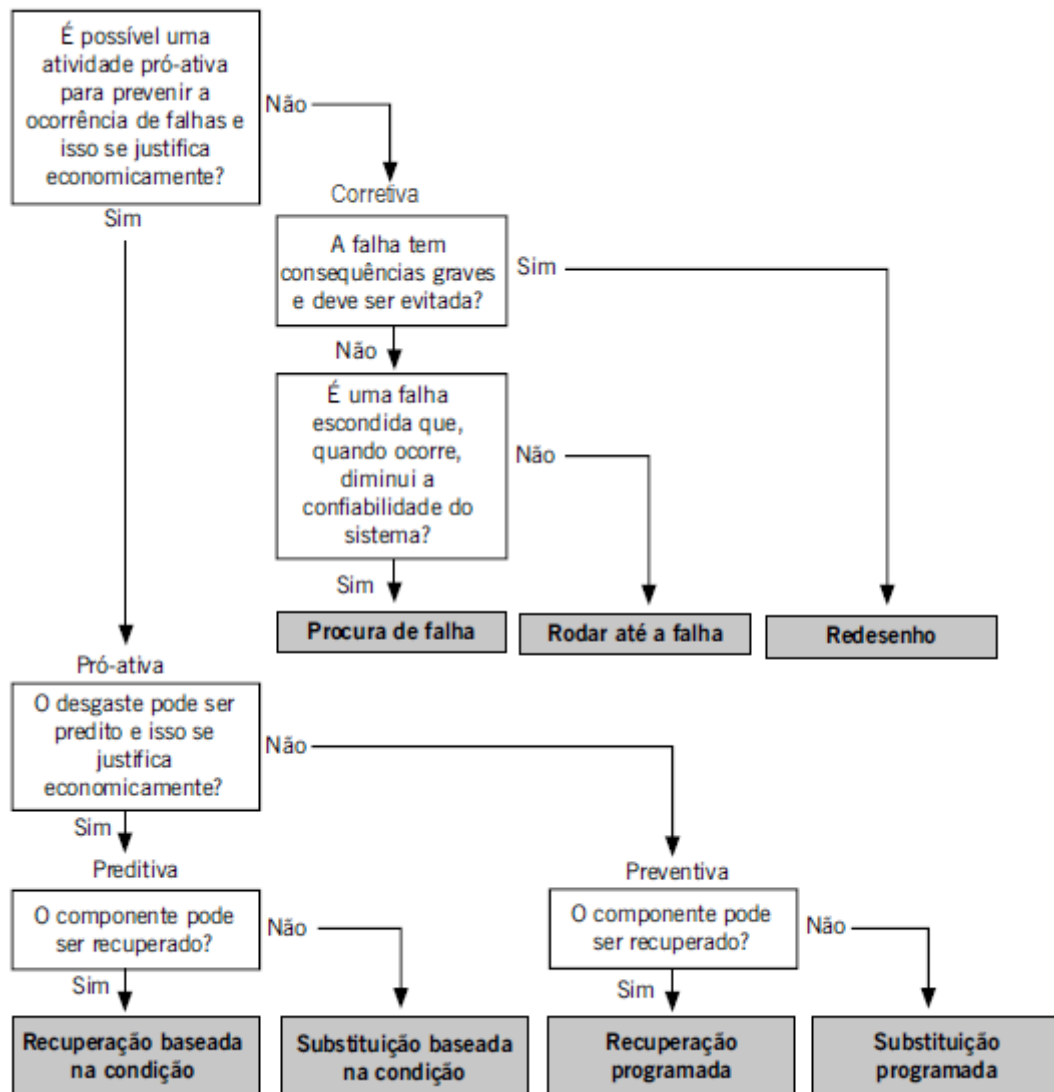
Segundo Moubray (1997), o processo de MCC implica em observar sete aspectos sobre o item ou sistema em análise:

1. As funções e padrões de desempenho associados aos equipamentos;
2. A maneira como os equipamentos falham em cumprir suas funções;
3. A causa de cada falha funcional;
4. As consequências oriundas das falhas;
5. Como cada falha interessa;
6. Quais as formas de evitar e prevenir cada falha;
7. Como proceder quando uma atividade proativa pertinente não puder ser estabelecida.

Em seguida, deve-se observar cuidadosamente cada uma das questões e chegar a suas respostas de maneira cautelosa e objetiva.

A relação entre a MCC e os tipos de manutenção já conceituados nessa pesquisa, podem ser verificadas de maneira mais objetiva na Figura 1, com a finalidade de facilitar a seleção do mais adequado:

Figura 1. Relação Tipo de Falha x Tipo de Manutenção.



Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009).

2.2.5 Manutenção Produtiva Total (MPT)

A Manutenção Produtiva Total surge no Japão ainda na década de 70, como consequência das necessidades de apurar a qualidade dos produtos e serviços (TAVARES, 1999), além de ser considerada a evolução da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (proativa), conforme Fogliatto e Ribeiro (2009).

Ainda de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), esse conceito de manutenção incorpora esforços para evitar defeitos de qualidade provocados pelo mau funcionamento e desgaste dos equipamentos. Considerando que as pessoas que

utilizam os equipamentos são as que mais possuem conhecimento em relação a estes, a MPT entende que essas pessoas devem estar presentes nas discussões sobre modificações e intervenções nesses itens quando forem consideradas melhorias na qualidade e produtividade.

Para Fidelis et al. (2015) é possível observar um aumento da procura por implementação desse tipo de manutenção nos últimos anos. Este aumento está relacionado aos benefícios de um programa de MPT bem executado, possibilitando um aumento da qualidade do produto por meio da melhoria da relação do operador com sua máquina além de melhoria no ambiente de trabalho, resultando em menor número quebra de equipamentos.

São objetivos da MPT (TAVARES, 1999):

- Constituir uma estrutura empresarial que busque a máxima eficiência do sistema de produção (ou serviço);
- Buscar a máxima eficiência do sistema de produção;
- Prevenir de perdas, minimizar defeitos, falhas e acidentes com o objetivo de diminuir o custo do ciclo de vida do sistema de produção;
- Conseguir um envolvimento de todos os departamentos, inicialmente produção, operação e manutenção estendendo-se ao desenvolvimento, vendas e administração;
- Contar com a participação de todos os setores hierárquicos da organização;
- Zerar as perdas por meio de ações simultâneas de grupos diminutos;
- Melhorar na qualidade do pessoal;
- Aumento da eficiência e do ciclo de vida útil, traduzida em qualidade dos equipamentos;
- Alavancar os resultados da empresa;
- Os objetivos supracitados irão atuar de forma a direcionar a organização a um ambiente produtivo com qualidade, disponibilidade e operacionalidade.

A Manutenção Produtiva Total estabelece seu embasamento em uma organização ampliando o conceito de manutenção, com um objetivo comum entre os colaboradores, trazendo estes a participação no sistema produtivo. Para obter eficiência produtiva, apoia-se sobre alguns pilares que levam a organização a excelência.

De acordo com Kardec e Nascif (2001), a Manutenção Produtiva Total está embasada em oito pilares, sendo estes:

- Melhoria focada: o que significa focar na melhoria geral do processo como um todo;
- Manutenção autônoma: autonomia nas ações de manutenção, cumprindo padrões de acordo com a filosofia da MPT com liberdade de ação para o operador;
- Manutenção planejada: executar o planejamento e o controle da manutenção de acordo com técnicas e treinamentos prévios, apoiados em um sistema de planejamento padrão e programação diária da manutenção;
- Educação e treinamento: investimento em capacitação aos profissionais dos setores de operação e manutenção;
- Controle inicial: objetiva concentrar atenção nas etapas de implementação de um novo projeto ou equipamento por meio de um sistema de gerenciamento e monitoramento;
- Manutenção da qualidade: minimizar os defeitos;
- Escritório MPT: expandir os conceitos do programa para áreas administrativas, com o objetivo de aumento de eficiência;
- Segurança: estabelecer um sistema de segurança, saúde e atenção ao meio ambiente.

Os pilares citados anteriormente podem direcionar uma empresa quanto à filosofia da TPM, que tem como objetivo minimizar até a extinção de perdas, defeitos e acidentes.

2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO (PCM)

Ainda com intuito de reduzir gastos, o planejamento e o controle da manutenção são práticas de suma importância para este processo, uma vez que possibilitam, no caso do planejamento, a organização em todos os níveis destes procedimentos, gerando uma “base de dados” com informações que servirão de apoio para a realização de um controle de manutenção, através da análise das informações

disponíveis, traduzindo-as à mensurabilidade do panorama da manutenção de determinado local.

Segundo Reis (2009, p. 63), o planejamento e o controle da manutenção são atividades processuais, que tem como objetivo coordenar de forma eficiente os recursos envolvidos na manutenção, sendo possível então atender suas demandas. Desta forma, o PCM visa manter o funcionamento do maquinário em condições mais próximas do ideal o quanto for possível, considerando o ambiente de cada empresa e buscando sempre maior desempenho dos processos. Para tal, é necessário planejamento, execução e avaliação deste desempenho.

2.3.1 Planejamento

A manutenção constitui-se de um processo que pode/deve servir de apoio para o alcance dos objetivos da produção, adequado às suas necessidades. Com isso, o equilíbrio entre as ações de manutenção e os objetivos da produção pode ser alcançado com o auxílio de um bom planejamento de manutenção (CAMPOS JUNIOR, 2006).

De acordo com Fabro (2003), o planejamento é resultado do processo de manutenção, que deve ser desenvolvido baseado nas estratégias de produção, e assim, consequentemente no planejamento estratégico da empresa. Ainda, seu processo de gestão precisa ser constantemente revisto e readequado para o atendimento de necessidades cada vez mais flexíveis da produção.

Viana (2002, p. 87) afirma que “os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias, para orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva”. Com isso, a elaboração destes planos se baseia em informações disponíveis, sejam estas técnicas dos equipamentos ou do histórico da realização de manutenção. Na prática, a partir de tais planos é possível obter o detalhamento da estratégia de manutenção de um respectivo ambiente.

O reporte destas respectivas informações referentes aos serviços de manutenção é de grande valia para o gerenciamento de um processo produtivo, uma vez que um banco de dados organizado torna possível o acompanhamento de toda a trajetória de um equipamento bem como os problemas que o cercam; assim, a análise com rigorosidade dos dados que servem de base para projetos de engenharia,

estudos de troca de fornecedores, melhorias de manutenibilidade e consequentes tomadas de decisões podem concretizar-se baseando-se em fatos mensuráveis (VIANA, 2002).

De forma a organizar estes planos de manutenção, o autor (VIANA, 2002) ainda sugere uma divisão dos mesmos em categorias, para obtenção de uma maior eficiência na detecção de falhas e defeitos, além de alocação dos recursos de maneira otimizada. Estas categorias referem-se a: plano de inspeções visuais, que torna possível detectar visualmente falhas de fácil resolução em equipamentos; roteiros de lubrificação, para redução do atrito em superfícies ajustadas entre si, diminuindo assim o atrito interno e evitando maiores desgastes e temperaturas indesejáveis de trabalho; monitoramento de características dos equipamentos e/ou manutenção de troca de itens de desgaste, analisando a necessidade de uma possível troca de equipamentos já em estado de desgaste; e plano de intervenção preventiva, visando manter o maquinário em seu melhor estado operacional.

Em suma, o que pode caracterizar um bom planejamento podem ser resultados que foram antecipadamente previstos, em que foram traçadas metas que posteriormente puderam ser atingidas. Para um setor de planejamento, a disponibilidade de máquinas e equipamentos para o setor produtivo refletem o acontecimento de seus trabalhos com eficácia, uma vez que manter o setor produtivo em condições operacionais bem como manter os equipamentos aptos à produção é ainda é objetivo do planejamento de manutenção (MELO, 2016).

Ainda tratando-se dos resultados alcançados através de planejamento adequado de manutenção, de acordo com Branco Filho (2005), melhores níveis de disponibilidade de equipamentos e consequentemente do processo produtivo tornam-se visíveis, constituindo a disponibilidade operacional um importante indicador da excelência da manutenção e assim, de garantia de produtividade.

2.3.2 Controle

Buscando socializar todos os processos que interagem para acontecimento da manutenção, a existência de um sistema de controle faz-se crucial.

Conforme informações de Kardec e Nascif (2001), este permite identificar claramente: quais e quando os serviços serão feitos; que recursos serão necessários

para a execução destes; quanto tempo será gasto em cada serviço; qual o custo de cada um destes respectivamente, bem como o custo por unidade e custo global; que tipo de materiais serão aplicados; e quais equipamentos, dispositivos e ferramentas serão necessários. Ainda, este sistema poderá possibilitar: o nivelamento de recursos e mão-de-obra; a programação de máquinas de operação ou elevação de carga; registro para fins de consolidação de histórico e alimentação de sistemas especialistas; e, por fim, a priorização adequada dos trabalhos.

Para Viana (2002, p. 132), o controle do processo de manutenção

“consiste na auditoria do PCM, verificando através dos índices de manutenção a eficiência do planejamento e execução da ação mantenedora, desta forma fechando o ciclo com a realimentação do processo, através da autocrítica, que possibilita a inserção, a revisão ou a extinção de tarefas ou procedimentos de um plano”.

Ainda, o autor ressalta a importância de realização de um estudo da realidade do sistema de manutenção de cada empresa, refletindo sobre suas reais necessidades, traçando então um possível perfil de sistema de controle mais adequado para o PCM em caso.

O Controle se faz necessário quando começa-se a fazer o acompanhamento das informações de uma organização. A partir da implementação de conceitos técnicos e do acompanhamento das informações é possível entender os dados obtidos. Informações que anteriormente não eram conhecidas, se tornam indicadores de desempenho, atuando também de forma a nortear as ações da empresa que busca atingir um nível ótimo em suas dependências.

2.4 FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO

Para a realização efetiva do planejamento da manutenção, são necessárias ferramentas que possibilitarão pôr em prática os conceitos abordados. Serão utilizadas ferramentas com o objetivo de organizar, priorizar e analisar os equipamentos e o formato como a manutenção pode vir a ser executada para alcançar bons resultados. Para iniciar a organização dos equipamentos serão utilizadas as práticas de tagging e a implementação das ordens de serviço.

2.4.1 Tagueamento

A *Tag* de um equipamento significa sua etiqueta de identificação. O tagueamento representa a identificação dos equipamentos presentes nas áreas operacionais de uma indústria. É extremamente importante para a organização da manutenção, e é pertinente para localização de setores e equipamentos, devido ao controle industrial setorizado.

Ainda, o tagueamento de forma estruturada possibilita o planejamento e a programação da manutenção de forma rápida, permitindo a estratificação das informações por Tag (VIANA, 2002, p.21).

Nesse sentido, o tagueamento tem o objetivo de mapear a unidade fabril, desde equipamentos a processos possibilitando ganho de tempo quando as manutenções tiverem de ser realizadas.

É importante ressaltar que para uma empresa de porte médio ou grande é possível se optar por cinco níveis de Tag para estruturar seu tagueamento (VIANA, 2002), sendo o nível mais alto para as Gerências, o segundo para as áreas das gerências, o terceiro aos sistemas, o quarto aos aglutinadores e por último a posição dos equipamentos.

2.4.2 Sistema de Ordem de Serviço

O sistema de ordem de serviço é possivelmente a ferramenta mais importante que o setor de manutenção pode possuir. Esta ferramenta permite o controle das operações de manutenção.

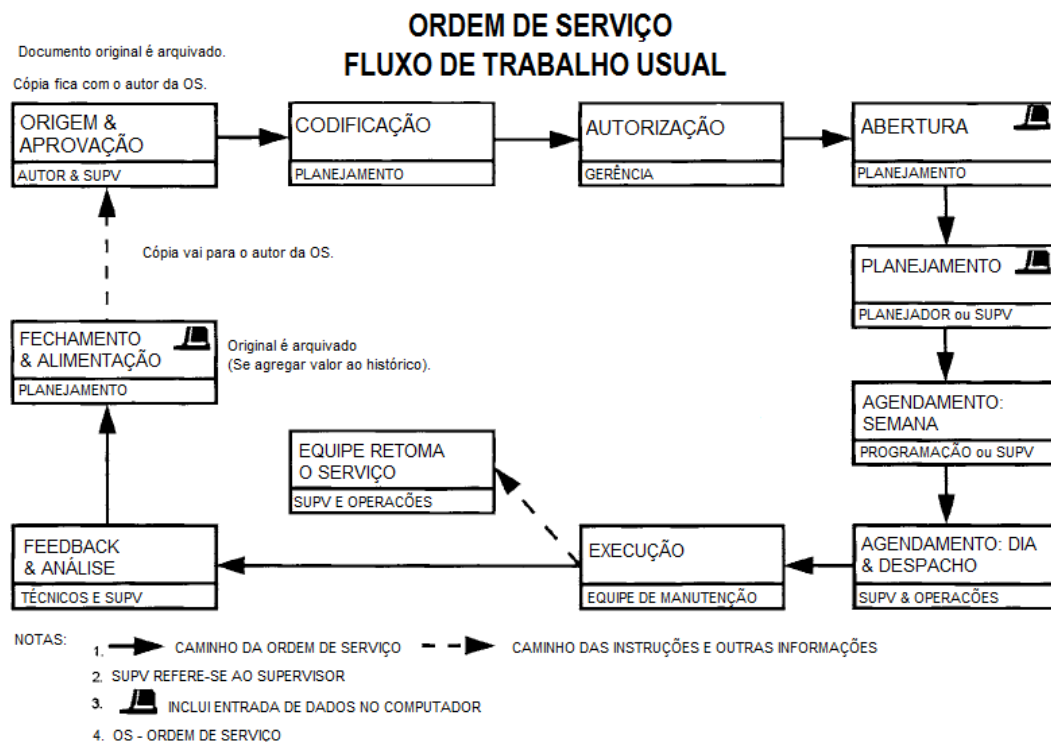
Um sistema de ordens de serviço opera como um método formal de solicitar e registrar o trabalho feito na fábrica. De maneira simplificada para entendimento, havendo o desejo de algum trabalho de manutenção específico, deve-se preencher um documento específico. O respectivo responsável deve encaminhar esse documento para o setor de manutenção que, em seguida, usa o documento para acompanhar o trabalho até sua execução. O documento é conhecido como Ordem de Serviço (OS) e o processo do uso do documento é o Sistema de Ordem de Serviço. À medida que um sistema se torna mais desenvolvido, o próprio documento pode

existir apenas no computador e a ordem de serviço acaba se tornando a identificação do trabalho (PALMER, 2006).

Segundo Tavares (1999) a implementação da ordem de serviço se traduz em uma fonte de informações e dados relativos às atividades realizadas pelos responsáveis da execução da manutenção, compreendendo o tipo de atividade, prioridade do serviço, defeito encontrado e como foi reparado, duração, materiais utilizados e outros dados. Isso possibilita aos responsáveis avaliar a eficiência da manutenção, bem como custos envolvidos.

A Figura 2 apresenta um exemplo ordinário de fluxo de OS em uma organização e os responsáveis por suas etapas desde a abertura da OS até seu fechamento.

Figura 2. Exemplo de fluxo de Ordem de Serviço.



Fonte: Adaptado de Palmer (2006).

Tendo conhecido como ocorrem as etapas de fluxo da OS dentro de uma organização, é válido então visualizar qual o formato de uma OS. A Figura 3 apresenta um modelo de OS.

Figura 3. Modelo de uma Ordem de Serviço.

ORDEM DE SERVIÇO			
Prioridade:		Conta Nº:	
Requerido por:	Aprovado Por:	Data: __/__/__	
Equipamento:			
Localização do problema:			
Descrição do problema:			
Supervisor:	Seção:	Data __/__/__	
Material e Ferramentas especiais necessárias:			
Coordenado por:		Departamento:	
Nº da Ordem de impedimento da operação:		Tempo:	Data __/__/__
Volta a operação: Data __/__/__		Hora	Supervisor de equipe:
Data de término do serviço __/__/__		Hora:	Conferido por:
Sumário do serviço executado:			
Comentários sobre o problema:			
Homens-horas estimados	Homens-horas reais	Nomes	Comentários relativos ao consumo de Homens-horas:

Fonte: Tavares (1999).

2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO OU INDICADORES CLASSE MUNDIAL

Os indicadores de manutenção, por meio da análise de dados obtidos do processo produtivo, procuram mensurar o desempenho da manutenção e identificar oportunidades de melhoria. Através destes indicadores é possível elaborar planos de ação com respectivos objetivos específicos voltados à evolução dos índices apresentados. Estes ainda podem indicar quais os melhoramentos podem ser conduzidos, bem como onde acontecerão, de maneira a otimizar os processos, além de destacar áreas de desempenho satisfatório (SILVEIRA e TREIN, 2009).

Não obstante, tais índices são considerados aqueles utilizados de acordo com a mesma expressão em todos os países. Ao todo, são seis índices (TAVARES, 1999) onde quatro destes referem-se a análise da gestão de equipamentos, e os demais dois à gestão de custos, conforme as relações a seguir:

- Tempo Médio Entre Falhas (TMEF): consiste na “relação entre o produto do número de itens por seus tempos de operação e o número de falhas total detectadas nesses itens no período observado” (TAVARES, 1999, p. 82).

$$TMEF = \frac{NOIT \cdot HROP}{NTMC} \quad (1)$$

O respectivo índice (1) deve ser utilizado para itens que venham a ser reparados após a ocorrência de uma possível falha.

- Tempo Médio Para Reparo (TMPR): corresponde à relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um agrupamento de itens com falha e número total de falhas detectadas em tais itens, no período observado, conforme Tavares (1999).

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC} \quad (2)$$

Recomenda-se o uso deste índice (2) para itens em situações onde o tempo de reparo ou substituição é significativo em comparação ao tempo de operação.

- Tempo Médio Para Falha (TMPF): é a relação entre o tempo total de operação de um conjunto de itens não reparáveis e o número total de falhas detectadas em tais itens, no período observado.

$$TMPF = \frac{\sum HROP}{NTMC} \quad (3)$$

Esse índice específico (3) deve ser usado para itens que serão substituídos possivelmente após a ocorrência de uma falha.

O autor (TAVARES, 1999) ainda salienta a diferença conceitual existente entre os índices TMPF, calculados para itens que não são reparados após a ocorrência de uma falha, e TMEF, sendo este calculado para itens com reparo após a ocorrência de falhas, o que os torna mutuamente exclusivos.

- Disponibilidade de equipamentos (DISP): consiste na relação entre a diferença do número de horas de um período considerado com o número de horas de intervenção através de responsáveis pela execução da manutenção para cada item observado e o número total de horas de um período observado.

$$DISP = \frac{HROP}{HROP+HTMN} * 100 \quad (4)$$

A disponibilidade (4) de um determinado item representa o percentual do tempo em que este ficou à disposição do órgão de operação para desempenho de sua atividade, ainda segundo Tavares (1999).

Os próximos itens, baseado nos critérios do autor, seguem sendo aplicados na gestão de custos.

- Custo de Manutenção por Faturamento (CMFT): é a relação entre o custo total de manutenção e o faturamento de uma empresa em um período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100 \quad (5)$$

- Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição (CMVP): “relação entre o custo total acumulado na manutenção de um determinado equipamento e o valor de compra deste equipamento novo (valor de reposição)” (TAVARES, 1999, p. 89).

$$CMVP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100 \quad (6)$$

Este item (6) deve ser calculado, ainda de acordo com o autor, para os itens de importância da respectiva empresa, ou seja, devem afetar o faturamento, a qualidade dos produtos e serviços, a segurança ou o meio ambiente, em que, devido a utilização de valores acumulados para o item analisado, com base nos custos das manutenções já realizadas, não justifica ser utilizado para itens secundários.

- Efetividade Operacional Global (EG): seu cálculo é realizado através do produto da taxa de disponibilidade operacional (DP), pela taxa de desempenho operacional ou rendimento operacional (RO) pelo índice de qualidade (IQ) que significa o número de produtos aprovados (TAVARES, 1999, p. 149)

$$EG = DP * RO * IQ * 100 \quad (7)$$

Onde,

Taxa de Disponibilidade Operacional (DP) é obtida pela equação (TAVARES, 1999, p. 150):

$$DP = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de parada}}{\text{Tempo de carga}} \quad (8)$$

Rendimento Operacional (RO) é obtido por meio da multiplicação da Taxa Operacional Nominal (TON) e a Taxa de Velocidade Operativa (TVO) (TAVARES, 1999, p. 150):

$$TON = \frac{\text{Qtd produzida} * \text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de parada}} \quad (9)$$

$$TVO = \frac{\text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de ciclo ideal}} \quad (10)$$

$$RO = TON * TVO \quad (11)$$

Índice de Qualidade é obtido por meio de uma relação entre a Qualidade dos Produtos Aceitáveis (QPA) (TAVARES, 1999, p. 150):

$$QPA = Qtd\ insumos - (Perda\ de\ partida + Perda\ por\ defeitos\ do\ processo + Perdas\ de\ produtos\ de\ ensaio) \quad (12)$$

3 METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como sendo um estudo de caso. De acordo com Gil (2002, p. 54) “um estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados.”

Por muito tempo, no estudo das Ciências, este método de análise foi considerado um procedimento de baixa rigorosidade, caracterizando-o apenas como de curiosidade exploratória. Todavia, atualmente o mesmo consiste no delineamento mais adequado para casos de investigação de um fenômeno contemporâneo dentro do contexto real, com seus limites claramente percebidos (YIN, 2001 apud GIL, 2002).

O estudo de caso, ainda de acordo com Gil (2002) possui diferentes propósitos, tais como: explorar situações da realidade cujos limites não estão claramente definidos; preservar o caráter de unidade do objeto estudado; descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; possivelmente formular hipóteses ou desenvolver teorias; e explicar as variáveis causais de um fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. Tais dados refletem a escolha deste método de avaliação para compor a respectiva pesquisa.

3.2 OBJETO DA PESQUISA

A empresa objeto de pesquisa pertence ao ramo de siderurgia, mais especificamente realizando fundição de ferro para a fabricação de peças componentes para fogões à lenha.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Este estudo baseou-se em quatro fases distintas: pesquisa bibliográfica, coleta de dados à campo, análise dos dados e elaboração da metodologia do plano de

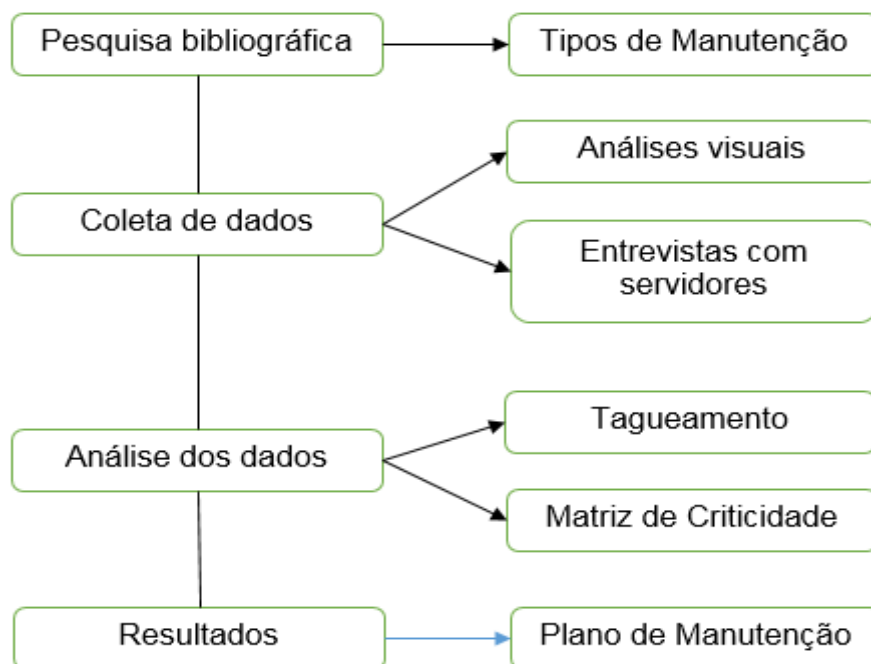
manutenção na respectiva indústria colaboradora. Tratando-se da análise dos dados, a metodologia utilizada para designar o nível de criticidade dos equipamentos foi a matriz de criticidade.

A criticidade pode informar o quanto um equipamento pode ser determinante dentro de um contexto operacional de uma unidade geradora. Neste caso, quanto maior for a criticidade de um equipamento, mais este poderá comprometer o andamento de todo um processo, estando ainda relacionada a todos os equipamentos de um processo que podem ocasionar uma falha ou um mau funcionamento do sistema sendo que, para alguns deles, sua valoração define a importância daquele equipamento naquele contexto (RIBEIRO, 2009).

O método da matriz de criticidade “mostra o eixo cartesiano X e Y, onde, nas abscissas, tem-se a classificação da consequência e, no eixo das ordenadas, a frequência de ocorrência de falha. Através disso, para cada item, verifica-se qual a prioridade de atendimento, fazendo o cruzamento de X com Y”, ainda de acordo com Ribeiro (2009, p. 5). Neste trabalho, a prioridade de atendimento pode ser classificada em Inaceitável, Indesejável, Aceitável com revisão e Aceitável sem revisão, conforme descrito por Bertolini et al. (2006).

A Figura 4 busca exemplificar tais fases e a ordem de realização destas.

Figura 4. Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira fase deste estudo veio sendo executada desde o início deste semestre e estendeu-se até o final deste, onde buscando compreender mais o assunto e ter acesso a novas informações, realizou-se um levantamento teórico a respeito do tema Manutenção Industrial e suas principais derivações, bem como as distintas formas de realização desta. Tal etapa possibilitou ao pesquisador um maior entendimento do assunto em relação ao tema como um todo, mas principalmente quanto os principais tipos de manutenção abordados na literatura, o que é de suma importância para o acontecimento de um bom desempenho na execução deste trabalho.

A etapa que sucedeu esta fase ocorreu já no âmbito da indústria. Através de análises visuais e da aplicação de entrevistas à servidores, engenheiros e gerentes da mesma, obteve-se dados capazes de apontar o acontecimento – ou não – de manutenção industrial naquele contexto. A análise visual seguiu um roteiro de observação (para uso específico do pesquisador) contendo os principais fenômenos que deveriam ser observados; fenômenos estes correspondentes principalmente às principais práticas de manutenção possivelmente adotadas no local. Ainda no ambiente da empresa, foi tomado nota de fatos de interesse, bem como realizadas entrevistas. Por fim, com intuito de mensurar os dados obtidos, foram estabelecidos alguns indicadores de manutenção que serviram de base para a análise da manutenção realizada no local.

Após coletados os dados deu-se início a análise dos mesmos, utilizando para este fim os conceitos citados no referencial teórico deste estudo. Nessa etapa, as informações e os dados foram organizados com o intuito de otimizá-los a partir de uma abordagem técnica.

Por fim, após realização de uma pesquisa mais aprofundada a respeito do assunto e já realizadas as fases à campo, caracterizando a última etapa deste estudo desenvolveu-se um modelo de manutenção industrial, abordando práticas preditivas e preventivas, que são adequadas às características e às necessidades da empresa objeto de pesquisa. Este modelo, que contém práticas indispensáveis ao acontecimento de uma manutenção industrial adequada, será entregue à indústria colaboradora para fins de uso imediato logo após apresentação deste documento para a banca de avaliação deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DEFINIÇÃO DOS SETORES DE RELEVÂNCIA DENTRO DO SETOR DE MANUTENÇÃO

Inicialmente, por indicação da equipe de trabalho composta pelos sócios proprietários da empresa e do engenheiro mecânico responsável por esta, através de uma reunião foram estabelecidas as diretrizes que norteariam a coleta de dados desta pesquisa bem como discutiu-se sobre a melhor maneira de organizá-los. Neste momento, foi concordado sobre a necessidade de se realizar uma seleção do setor chave para estudo na empresa, onde elegeu-se este o setor de fundição, uma vez que se trata de uma indústria do ramo siderúrgico.

Após realizada tal definição, foi feita uma primeira visita às instalações do local para acompanhamento dos processos de fabricação da indústria e do maquinário deste setor, onde também foram consultados os operadores responsáveis pelos setores de produção e de manutenção, buscando alinhar as práticas destes dois setores.

Desta forma, com a supervisão do engenheiro mecânico foi possível definir, após realizada a respectiva visita, 3 subsetores do setor de fundição, de modo a facilitar o planejamento de manutenção que ocorreria posteriormente. Após estudo dos principais subsetores, estes foram buscados na empresa juntamente com os conjuntos que o compõem com o objetivo de alcançar então seus equipamentos e realizar o plano de inspeção para estes itens.

Tratando-se dos subsetores definidos do setor de fundição, estabeleceu-se os seguintes: 1) Moldagem, 2) Vazamento e 3) Recuperação. A nomenclatura destes conjuntos foram citadas conforme os termos utilizados no ambiente fabril e nos quadros de comando das máquinas. Tais subsetores foram desmembrados para possibilitar e facilitar o mapeamento da unidade e do setor de interesse.

Ainda, foram detalhadamente acompanhados os processos de produção da empresa, principalmente no que se refere ao setor de manutenção. Como parte deste detalhamento, foram realizadas também entrevistas com o profissional responsável pela realização das operações de manutenção, com o engenheiro mecânico da indústria, bem como com o gerente de produção, o que possibilitou uma maior compreensão das operações de maior relevância deste setor. Com isso, o processo

de produção e manutenção do setor de fundição foi então compreendido, o que permitiu a realização do detalhamento do ciclo produtivo e do maquinário envolvido nestas operações, e posteriormente a elaboração do plano de manutenção.

4.2 REALIZAÇÃO DE CADASTRO E CODIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS (TAGUEAMENTO)

A fim de mapear os equipamentos do setor, foi realizado um esboço do ciclo produtivo de cada subsetor em estudo, onde para tal realizaram-se constantes análises visuais dos mesmos durante os processos na rotina diária e semanal da empresa. Após compreendidos os ciclos produtivos de interesse, foram então anotados e listados seus respectivos processos.

Em seguida, recolheu-se todos os manuais disponíveis relacionados aos equipamentos de interesse e tomou-se nota de outras informações úteis para um refino das informações colhidas previamente, com o objetivo de chegar até o informacional dos elementos que compõem o maquinário. De posse das informações dos componentes das máquinas, foi possível então iniciar o cadastramento e a codificação dos equipamentos da área de moldagem do setor de fundição da empresa.

O tagueamento do setor de fundição foi a primeira atividade realizada após a coleta e arranjo dos dados, de forma a auxiliar a organização da manutenção do local. Vale ressaltar que é interessante iniciar um planejamento de manutenção por este tópico, visto que é possível, por meio deste, se obter um mapeamento do setor, por meio da identificação do maquinário e de seus conjuntos.

Como já comentado, para uma empresa de porte médio ou grande é possível se optar por cinco níveis de Tag para estruturar seu tagueamento (VIANA, 2002), sendo o nível mais alto para as gerências, o segundo para as áreas das gerências, o terceiro aos sistemas, o quarto aos aglutinadores e por último a posição dos equipamentos.

Foram selecionados no tagueamento três grupos maiores, os quais resumem de forma organizada o setor da fundição de acordo com suas macro funcionalidades. Esta atividade foi realizada a partir de inspeções e análises visuais deste setor em operação e de cada elemento que compõem o mesmo.

Observando o processo de fabricação da indústria, a área de gerência operacional selecionada foi a de Gerência de Fundição que, de acordo com a hierarquia do tagueamento, ocupará o Nível 1 e será representado com o código FD. Cada gerência terá desmembradas suas áreas, onde é necessário seguir a lógica de cada processo (VIANA, 2002).

Este processo foi então subdividido pelas etapas de sua produção, sendo estas definidas como as áreas da FD. É necessário que tanto as Áreas (Nível 2), como os Sistemas (Nível 3) possuam Unidades de Propriedade, que consistem em códigos de dois dígitos. O Tag Nível 2 será formado por três letras indicando a área, e três dígitos onde o primeiro dos três significa a fase do projeto. Neste quesito a indústria não expandiu suas instalações, sendo este dígito correspondente a 0. Os dois dígitos seguintes consistem na Unidade de Propriedade (VIANA, 2002).

De acordo com as considerações supracitadas, foram desenvolvidas as tabelas de tagueamento da empresa. A Tabela 1 ilustra o desenvolvimento da área de gerência nível 1, a FD, sendo esta dividida em três áreas.

Tabela 1. Codificação FD Gerência de Fundição moldagem do setor de fundição.

FD – Gerência de Fundição		
UP	Tag	Área
01	MLD-001	Moldagem
02	VAZ-002	Vazamento
03	REC-003	Recuperação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente, seguindo as recomendações, foi realizada a listagem dos equipamentos da área de moldagem do setor de fundição da empresa para exemplificação do que foi realizado (Quadro 1).

Quadro 1. Codificação/tagueamento dos equipamentos da área de moldagem do setor de fundição.

FD – Gerência de Fundição - Área Moldagem		
Nível Tag	Tag	Área
2	MLD-001	Moldagem
	Tag	Sistema
3	CFR-001	Cura a frio
	CLD-001	Coldbox
	DOS-001	Dosagem
	Tag	Aglutinador
4	CFR-001-001	Tombador
	CFR-001-002	Tracionador 1
	CFR-001-003	Tracionador 2
	CRF-001-004	Mesa vibratória
	CLD-001-001	Gasadora
	CLD-001-002	Sopradora
	DOS-001-001	Misturador 1
	DOS-001-002	Misturador 2
	DOS-001-003	Misturador 3
	DOS-001-004	Tanque de Resinas
	DOS-001-005	Sistema de dosagem
	Tag	Posição
5	CFR-001-001-001	Estrutura do tombador
	CFR-001-001-002	Cilindro pneumático principal
	CFR-001-001-003	Cilindro auxiliar
	CFR-001-001-004	Sistema de sopro e desmoldante
	CFR-001-001-005	Sensores de posição
	CFR-001-001-006	Roldanas
	CFR-001-001-007	Motoredutor de giro
	CFR-001-002-001	Estrutura tracionador 1
	CFR-001-002-002	Motor de acionamento
	CFR-001-002-003	Redutor
	CFR-001-003-001	Estrutura tracionador 2
	CFR-001-003-002	Motor de acionamento
	CFR-001-003-003	Redutor
	CRF-001-004-001	Motovibrador
	CRF-001-004-002	Mola pneumática
	CRF-001-004-003	Válvula reguladora de vazão
	CRF-001-004-004	Válvula acionamento pedal
	CRF-001-004-005	Lubrifil
	CLD-001-001-001	Estrutura da gasadora
	CLD-001-001-002	Conjunto catalisador
	CLD-001-001-003	Conjunto hidráulico

CLD-001-001-004	Sistema de sopro
CLD-001-002-001	Estrutura sopradora
CLD-001-002-002	Extração inferiora
CLD-001-002-003	Mesa de giro
CLD-001-002-004	Extração superiora
CLD-001-002-005	Cabeçote de sopro
CLD-001-002-006	Cabeçote de gasagem
CLD-001-002-007	Prensa de sopro
CLD-001-002-008	Sistema de sopro
DOS-001-001-001	Rolamento 6007 DDU
DOS-001-001-002	Chaveta 2"x1/2"
DOS-001-001-003	Raspador G40x50x4
DOS-001-001-004	Cilindro pneumático
DOS-001-001-005	Sensor capacitivo
DOS-001-004-001	Motor elétrico
DOS-001-004-002	Bomba dosadora
DOS-001-004-003	Válvula desviadora
DOS-001-004-004	Válvula calibradora
DOS-001-005-001	Motor elétrico
DOS-001-005-002	Bomba de engrenagem 1
DOS-001-005-003	Válvula de esfera
DOS-001-005-004	Manifold 3 válvula solenoide
DOS-001-005-005	Válvula reguladora de pressão-filtro
DOS-001-005-006	Bomba de engrenagem 2

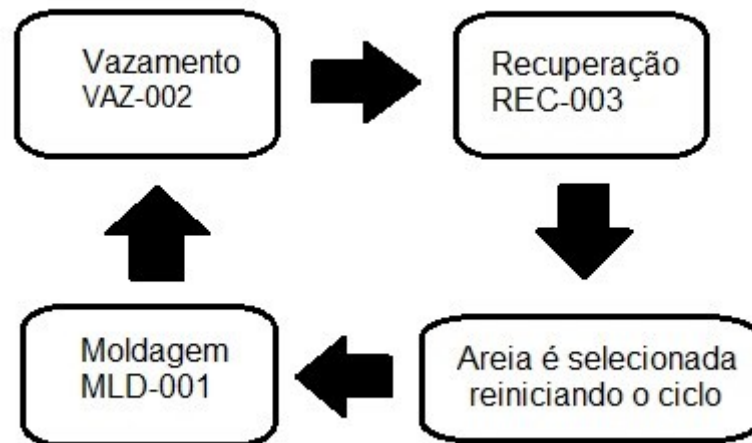
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tagueamentos referente as áreas de vazamento e recuperação foram desenvolvidos na empresa da mesma forma, seguindo as mesmas diretrizes (Apêndice 1). Entretanto, estes não foram mencionados devido ao excesso de informações que tornaria a leitura do trabalho maçante e repetitiva. É importante aqui observar os níveis das Tags, e como estas foram divididas. As tags das áreas de vazamento e recuperação utilizam, respectivamente, as iniciais VAZ-002 e REC-003, sendo desmembradas da mesma forma que o setor de moldagem.

4.2.1 Ciclo Produtivo do Setor de Fundição

O ciclo da fabricação dos moldes inicia-se na área de moldagem (MLD-001). A Figura 5 ilustra de forma simplificada como ocorre o ciclo produtivo e a divisão utilizada do setor de fundição.

Figura 5. Ciclo produtivo do setor de fundição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No setor de moldagem, a areia de fundição é misturada com resinas específicas e um catalizador que auxilia no endurecimento dos moldes, feitos de areia de fundição. O metal é fundido no forno de indução FUS-001-001 onde são adicionados os elementos de liga para ajuste da composição final do metal fundido na área de vazamento VAZ-002, onde o metal é vazado e se solidifica no interior dos moldes, que posteriormente são destruídos para retirada das peças fundidas. O ciclo da fundição se finaliza na área de recuperação da areia dos moldes utilizados REC-003, em que estes passam pelo check-out DES-001-001, onde a areia é excitada por meio de vibração da caixa, caindo por gravidade, sendo posteriormente peneirada. A areia é levada por meio da rosca sem-fim de elevação ELE-001-002 para o calcinador CAL-001-001 para ser queimada a partir de um processo forçado, utilizando gás GLP como combustível. Parte da areia desses moldes é desse modo reaproveitada.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO ADOTADOS PELA INDÚSTRIA

O local de estudo conta atualmente com manutenção realizada de maneira centralizada, possuindo um funcionário responsável especificamente pelas ações corretivas e preventivas da empresa. Todas as trocas de componentes, bem como lubrificações, são anotadas em um livro de maneira simples, contendo a data, a

descrição do serviço realizado e o nome do responsável pela ação, conforme a Figura 6.

Figura 6. Modelo de anotações referentes a troca de componentes e lubrificações.



Fonte: Acervo do autor.

A partir das intervenções realizadas, o mecânico responsável pela manutenção alerta o setor administrativo da necessidade de itens de reposição. A empresa não possui uma cultura de manutenção, e os itens não estão contabilizados, registrados ou codificados. Os itens de reposição são alocados em uma área específica do barracão, onde também são efetivadas as manutenções nos equipamentos (Figura 7).

Figura 7. Área de alocação de itens de reposição e realização de manutenções.



Fonte: Acervo do autor.

Tratando-se do comportamento da empresa em relação a sua manutenção, este pode ser considerado de maneira geral reativo, uma vez que geralmente acontece a espera pela ocorrência de algum problema específico em algum dos equipamentos para então posteriormente dar-se a realização de alguma intervenção. Entretanto, também são observadas práticas preventivas comumente relacionadas a lubrificantes, bem como práticas preditivas pertinentes aos transformadores de tensão.

Desta forma, a partir do panorama observado na prática, foi possível definir as criticidades dos equipamentos presentes no setor de fundição de forma a então elaborar os planos de manutenção.

De acordo com o que pôde ser observado nas dependências da empresa estima-se, por meio de observações, que as manutenções corretivas desta encontram-se com uma porcentagem de em média 60%, indicando um valor considerado elevado, visto que Viana (2002) ressalta que um Índice de Corretiva de acima de 50% irá causar um descontrole do setor de manutenção. Vale ressaltar, ainda segundo o autor, que um patamar aceitável de corretivas deve manter-se abaixo de 25% do total de horas de manutenção.

Assim sendo, são notados alguns pontos negativos relacionados a manutenção que podem ser aprimorados a curto prazo de modo a garantir maior confiabilidade e segurança, sendo estes:

- Levantamento dos equipamentos a serem mantidos e definição de prioridades;
- Organização de manuais das máquinas mais novas e coleta de informações técnicas dos equipamentos que não o possuam;
- Cadastro dos equipamentos individualmente;
- Realização do cadastro dos fornecedores de peças de reposição, se possível com possíveis prazos de entrega;
- Organização do almoxarifado e peças de reposição em estoque;
- Realização dos Planos de Manutenção.

4.4 DETERMINAÇÃO DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS

O índice de criticidade dos equipamentos foi avaliado de forma a organizar quais equipamentos necessitam de manutenções mais rigorosas, ou seja, qual o tipo de manutenção deve ser executada. Desta forma, por meio da matriz de criticidade analisou-se quais os equipamentos que necessitam de um acompanhamento mais rigoroso, de forma a classificar o maquinário do setor.

Para análise de criticidade dos equipamentos foram levados em consideração os dados coletados no caderno de manutenção onde são anotadas as intervenções realizadas na fábrica e o depoimento do responsável pelo setor de fundição.

Sabe-se que dois critérios são levados em consideração para elaboração da matriz de criticidade, sendo estes ocorrência e severidade. A partir das anotações disponíveis foram definidas as criticidades do maquinário analisado. Por mais simplista a forma como estes dados são anotados, eles possuem uma enorme importância para a gerencia da manutenção. A partir destas anotações é gerado um histórico das intervenções realizadas possibilitando um planejamento da manutenção.

A seguir serão dispostos os quadros de classificação de severidade e de probabilidade de ocorrência de falhas. O Quadro 2 mostra como foram organizados os valores para severidade das falhas nos componentes analisados.

Quadro 2. Categorias de Severidade dos possíveis modos de falha.

Severidade	Descrição
I	<u>Catastrófico</u> Põe em risco a segurança de quem opera a máquina ou pode causar danos graves na máquina
II	<u>Crítico</u> Pode causar danos graves na máquina ou provocar paradas de longa duração
III	<u>Marginal</u> Pode causar parada de máquina e perda de produção substancial
IV	<u>Menor</u> Pode causar parada de máquina para substituição

Fonte: Adaptado de Bertolini et al. (2006).

No que se refere a ocorrência de falhas, foram utilizadas todas as informações disponíveis, além de conversas com responsáveis pelos equipamentos e o funcionário responsável pela manutenção. Devido a empresa não utilizar nenhum *software* para otimização das informações referentes a manutenção, os dados foram agrupados em planilhas elaboradas no *Microsoft Excel*, possibilitando por seguinte a elaboração da matriz de criticidade das áreas do setor.

O Quadro 3 representa a ocorrências de falhas, possibilitando nortear as informações coletadas e as categorizar.

Quadro 3. Categorias de Ocorrência dos possíveis modos de falha.

Ocorrência	Probabilidade da falha	Taxas de falha possíveis
A	<u>Muito Alta</u> Falhas persistentes	Falha 1 vez ao dia
B	<u>Alta</u> Falhas frequentes	Falha 1 vez na semana
C	<u>Moderada</u> Falhas ocasionais	Falha 1 vez ao mês
D	<u>Baixa</u> Relativamente poucas falhas	Falha 1 vez ao ano
E	<u>Remota</u> Falha é improvável	Chance remota de falha

Fonte: Adaptado de Bertolini et al. (2006).

Foram realizadas então novas tabelas para as áreas observadas do setor de fundição, considerando os índices dispostos nos quadros 2 e 3 de severidade e ocorrência. As Tabelas 2, 3 e 4 foram desenvolvidas contendo os conceitos de Área, Sistema, Tag e Aglutinador, além das notas de Ocorrência e Severidade. Para se obter as notas referentes as colunas de Ocorrência e Severidade foi solicitado para que funcionários da empresa relacionados aos setores de segurança e manutenção preenchessem tais tabelas. Foram geradas duas cópias destas. Para responder uma das cópias foram selecionados dois funcionários, sendo estes o mecânico de manutenção da empresa para preencher a coluna de Ocorrência e o técnico de segurança para preencher a coluna referente a Severidade. A outra cópia foi respondida pela pessoa de maior experiência na área de fundição dentro da empresa, técnico de fundição e projetista e também sócio proprietário da empresa, respondendo tanto a coluna de Segurança como a de Severidade. As notas foram comparadas e em caso de disparidade de resultados foi tomada uma postura conservadora, selecionando o valor mais crítico. As Tabelas 2 e 3 correspondem às notas de ocorrência e severidade das Áreas de Moldagem, Vazamento e Recuperação.

Tabela 2. Notas de ocorrências e severidade para a área MLD-001.

Área	Sistema	Tag	Aglutinador	Ocorrência	Severidade
MLD-001	CFR-001	CFR-001-001	Tombador	C	III
		CFR-001-002	Tracionador 1	E	IV
		CFR-001-003	Tracionador 2	E	II
		CRF-001-004	Mesa vibratória	D	IV
	CLD-001	CLD-001-001	Gasadora	C	II
		CLD-001-002	Sopradora	C	III
	DOS-001	DOS-001-001	Misturador 1	C	IV
		DOS-001-002	Misturador 2	C	IV
		DOS-001-003	Misturador 3	C	IV

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Notas de ocorrências e severidade para a área VAZ-002.

Área	Sistema	Tag	Aglutinador	Ocorrência	Severidade
VAZ-002	TRF-001	TRF-001-001	Transformador Geral	E	II
		TRF-001-002	Transformador Forno	E	II
	ALM-001	ALM-001-001	Ponte Rolante	E	IV
		ALM-001-002	Talha elétrica Forno	C	IV
	RFG-001	RFG-001-001	Torre de Resfriamento	E	III
		RFG-001-002	Conjunto Bombas	E	IV
	MOV-001	MOV-001-001	Movimentação Cadinhos	D	II
	PNL-001	PNL-001-001	Quadro Elétrico	D	III
		PNL-001-002	Quadro de Comando	D	III
	EXA-001	EXA-001-001	Exaustor geral de gases	D	II
	FUS-001	FUS-001-001	Forno de indução	C	I

Fonte: Elaborado pelo autor.

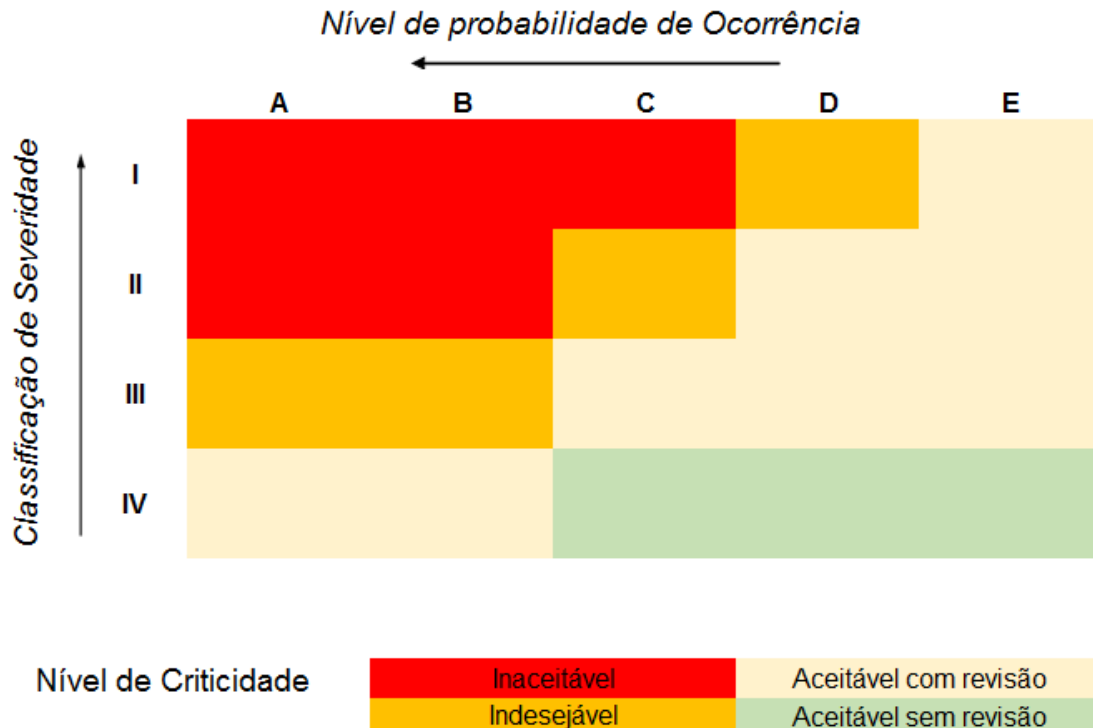
Tabela 4. Notas de ocorrências e severidade para a área REC-003.

Área	Sistema	Tag	Aglutinador	Ocorrência	Severidade
REC-003	DES-001	DES-001-001	Check-out	D	II
		DES-001-002	Talha elétrica	C	IV
	ELE-001	ELE-001-001	Conjunto Motoredutor	C	II
		ELE-001-002	Rosca sem-fim	D	II
	PES-001	PES-001-001	Balança Eletrônica	E	III
		PES-001-002	Painel Elétrico	D	III
	CAL-001	CAL-001-001	Calcinador	D	III
		CAL-001-002	Válvulas	D	II

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após as notas das tabelas, as informações obtidas foram agrupadas e foi possível gerar então a Matriz de Criticidade (MC) dos equipamentos do setor de fundição da empresa. Fora selecionado o equipamento de maior criticidade de cada área para a elaboração de seu plano de manutenção. As Matrizes de Criticidade das áreas do setor estão apresentadas na Figura 8.

Figura 8. Modelo de Matriz de Criticidade.

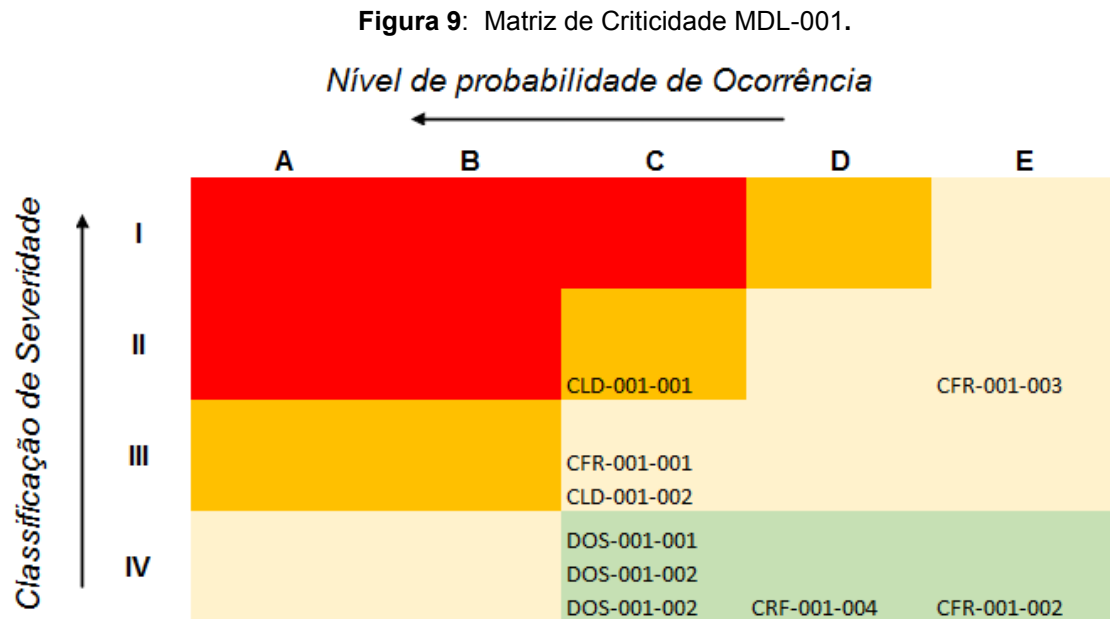


Fonte: Adaptado de Bertolini et. al (2006).

A MC considera então as notas de ocorrência e severidade e define o nível de criticidade da tag, onde este pode ser classificado como Inaceitável, Indesejável, Aceitável com revisão ou Aceitável sem revisão.

Relacionando esta legenda para o universo da manutenção, pode-se considerar que em itens com nível de criticidade Inaceitável é recomendado fazer o uso da abordagem de manutenção preditiva, com o complemento de práticas preventivas. Os itens classificados como indesejável podem ser acompanhados com manutenção preventiva, com a recomendação de se executar práticas preditivas. Para os itens classificados em Aceitável com revisão, recomenda-se a manutenção preventiva. Finalmente para os itens classificados como Aceitável sem revisão, é possível utilizar uma abordagem corretiva.

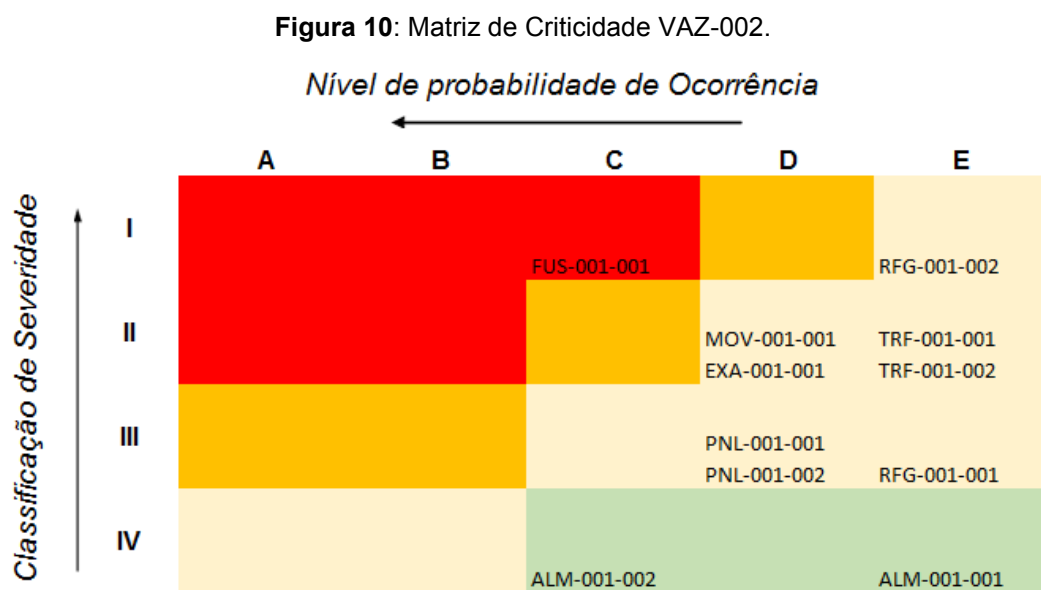
A Figura 9 mostra a MC da área de moldagem MDL-001 do setor de fundição.



Fonte: Adaptado de Bertolini et. al (2006).

Foi observado que nenhuma tag foi classificada como Inaceitável nesta área, sendo a de maior criticidade a tag CLD-001-001 referente a máquina Gasadora, classificada como Indesejável.

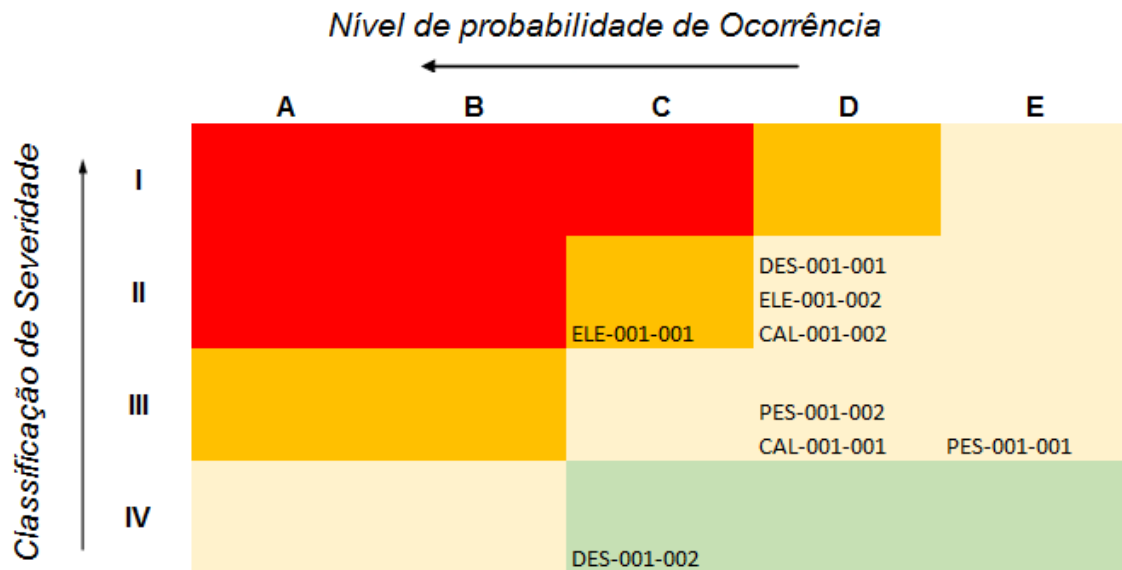
Será apresentada também a MC da área de vazamento VAZ-002 do setor de fundição (Figura 10). Nesta área uma tag foi classificada como Inaceitável, resultado este de maior criticidade possível dentro da metodologia utilizada. A tag FUS-001-001 é referente ao forno de indução eletromagnética e é a principal máquina da produção da empresa.



Fonte: Adaptado de Bertolini et. al (2006).

Enfim, será apresentada a MC da área de recuperação de areia REC-003 do setor de fundição (Figura 11). Foi observado que nesta área nenhuma tag foi classificada como Inaceitável, sendo a de maior criticidade a tag ELE-001-001 referente ao conjunto motoredutor responsável pela elevação da areia dos moldes que passaram por peneiração, classificada como Indesejável.

Figura 11. Matriz de Criticidade REC-003.



Fonte: Adaptado de Bertolini et. al (2006).

Pode-se verificar que a única tag do setor de fundição classificada como Inaceitável foi o forno de indução eletromagnética FUS-001-001. Porém, existem tags de maior criticidade que devem ser analisadas de maneira cuidadosa, como a tag MOV-001-001, por exemplo, que no caso de acontecimento de uma falha coloca em risco a segurança dos operadores, além de gerar danos graves na máquina. Entretanto, de acordo com esta metodologia, a mesma não possui um índice de ocorrência elevado, não caracterizando essa tag como Inaceitável.

Com as Matrizes de Criticidade das áreas do setor de fundição foi possível selecionar as tags de maior criticidade para a elaboração dos planos de manutenção, ilustradas na Tabela 5.

Tabela 5. Tags selecionadas para os planos de manutenção.

Tag	Área	Aglutinador
CLD-001-001	MLD-001	Gasadora
FUS-001-001	VAZ-002	Forno de Indução Eletromagnética
ELE-001-001	REC-003	Conjunto Motoredutor

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 PLANOS DE MANUTENÇÃO DAS TAGS SELECIONADAS

Os planos de manutenção das tags selecionadas foram desenvolvidos a partir da observação do funcionamento do item, entendendo sua função no ambiente produtivo. Os ciclos operacionais estas tags serão descritos de maneira sucinta de forma a contribuir com o entendimento dos planos.

4.5.1 Gasadora CLD-001-001

O ciclo operacional do item CLD-001-001 será descrito neste tópico. A areia já misturada às resinas é solicitada por meio de um botão para que caia na matriz. Esta areia é então espalhada na matriz pelo operador, as matrizes são depositadas na mesa de giro onde ficam alocadas 4 matrizes. A mesa de giro é rotacionada manualmente, até que a matriz chegue no cabeçote de gasagem. Os movimentos verticais do cabeçote de gasagem é dado pela unidade hidráulica. No cabeçote de gasagem o catalisador é injetado em forma de vapor por meio de orifícios na matriz após o cabeçote ser fechado com a mesa de giro. O catalisador que será injetado na matriz fica armazenado e quando solicitado é direcionado ao conjunto vaporizador. Em um reservatório específico uma resistência elétrica fica banhada em óleo hidráulico, e esta resistência é aquecida e aquece por sua vez o óleo. O óleo aquece o tubo por onde o catalisador irá passar. Uma válvula direcional permite que o catalisador seja forçado para o interior do tubo pelo ar comprimido. No tubo aquecido pelo óleo o catalisador passa ao estado de vapor, em forma de vapor, é direcionado

ao cabeçote de gasagem. Um pulmão de ar comprimido está instalado ao lado da gasadora, para garantir a pressão necessária no processo. O pulmão de ar auxilia a injetar o catalisador em forma de vapor para a matriz por meio das válvulas direcionais, mangueiras de circulação e da tubulação. Os tempos de envio das quantidades de catalisador e o tempo de abertura das válvulas de ar comprimido são reguladas pelo controlador lógico programável (CLP). Dado um tempo da reação, a areia que foi colocada e distribuída na mesa pelo operador endurece e o molde é então retirado. A retirada dos moldes é executada por meio do pistão hidráulico de extração. O pulmão injeta ar na matriz para auxiliar na retirada dos moldes.

A partir das informações sobre o procedimento de operação do item contidas preferencialmente nos manuais de fornecedores de e catálogos de fabricantes encontrados, foi possível elaborar o plano de manutenção da CLD-001-001 contido no Quadro 4, bem como nos demais casos.

Quadro 4. Plano de manutenção preventiva CLD-001-001.

Plano de Manutenção Preventiva		
SETOR	FUNDIÇÃO	
ÁREA	MLD-001	
SISTEMA	CLD-001	
AGLUTINADOR	GASADORA	
TAG	CLD-001-001	
Item	Tarefa	Periodicidade
Unidade Hidráulica	Verificar o nível de óleo e nunca operar o equipamento abaixo do nível mínimo	Diário
	Verificar se a Temperatura do óleo está dentro do padrão de operação do equipamento.	Diário
	Verificar se a Pressão do sistema está dentro do padrão nos diversos pontos de regulagem do sistema hidráulico.	Diário
	Inspeção de ruídos e vibrações anormais	Diário
	Limpeza externa da instalação hidráulica, observando pontos de possíveis vazamentos	Mensal
	Filtro de óleo (sucção, retorno e pressão) - elemento de malha metálica: limpar com querosene. Elemento de fibra sintética ou papel: inspeção visual, efetuar a troca em caso de o elemento estar saturado	Mensal
	Inspeção dos suportes e braçadeiras, bem como a condição das conexões e possíveis rachaduras na tubulação	Mensal
	Observar a condição dos anéis raspadores e sujeira nas guias	Mensal
	Verificar o estado do motor através da análise de temperatura ou análise de vibração	Mensal
	Bombas da unidade: inspeção de temperatura e ruído. Lubrificação dos rolamentos, verificação do estado das vedações.	Mensal
	Troca de filtro de ar (respiro do reservatório)	Bimestral
	Análise de contaminação do óleo. Analisar as propriedades físico-químicas e o grau de contaminação.	Trimestral
	Observar estado da válvula de segurança.	Trimestral
	Cilindros Hidráulicos de basculamento do cadinho: inspeção visual da haste do cilindro, observar possíveis imperfeições nas camisas	Trimestral

	Hastes desgastadas podem danificar a vedação dos componentes, observar possíveis vazamentos	Trimestral
	Verificar o alinhamento da bomba/motor	Anual
Pulmão de ar comprimido	Limpeza do exterior do reservatório para retirada de poeira, sujeira ou graxa, e remoção de qualquer corrosão da superfície, se existir.	Mensal
	Inspecionar todas as porcas roscadas quanto a danos e distorção.	Mensal
	Inspeção visual do exterior do reservatório por qualquer sinal de corrosão, pontuações ou arranhões, distorção ou qualquer outra forma de dano físico no material, atenção deve ser dada às costuras soldadas.	Mensal
	Checar condições dos componentes: válvula de drenagem, manômetro, pressostato, válvula de segurança, abertura de inspeção e estrutura.	Mensal
Conjunto Vaporizador	Troca de óleo	Anual
	Realizar a limpeza do conjunto resistência, reservatório de óleo, trocador de calor.	Anual
	Checar tubulação e troca das mangueiras.	Anual
	Checar vedações.	Anual
	Verificação das válvulas eletropneumáticas	Anual
Mesa de giro e cabeçote de gasagem	Lubrificação do rolamento da mesa de giro	Mensal
	Limpeza geral da estrutura	Mensal
	Observar alinhamento dos conjuntos de movimentação	Mensal
	Observar estado das borrachas de vedação cabeçote-mesa	Mensal
	Lubrificação das guias e inspeção visual das buchas do cabeçote de gasagem	Mensal
	Conferir e inspecionar mangueiras	Mensal
	Limpeza dos comandos das válvulas	Trimestral
	Checar possível vazamento no pistão hidráulico de extração da matriz e eventual troca de reparos	Semestral
	Checar possível vazamento no pistão hidráulico do cabeçote de gasagem e eventual troca de reparos	Semestral
CLP	Limpeza externa do equipamento	Semanal
	Observar cabeamento e alimentação de energia	Trimestral

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.2 Forno de indução eletromagnética FUS-001-001

O funcionamento do forno FUS-001-001 baseia-se na indução eletromagnética, conforme descrito sucintamente em Leme (2011). No metal originado de sucata de aço ou ferro fundido cinzento, descartado, condutor elétrico, submetido a um fluxo magnético variável, surge uma força eletromotriz tanto maior quanto maior for a variação do fluxo. Formam-se nestes materiais correntes induzidas que produzem grande elevação de temperatura. No caso de metais de matéria-prima utilizada forem magnéticos, haverá também o fenômeno da histerese, que contribui para o aumento de temperatura. A tensão da linha de 34000 Volts é reduzida por meio do Transformador do Forno para aproximadamente 570 Volts. O princípio de funcionamento consiste em processar e condicionar a energia para alimentar a bobina do forno. O metal fundido é vazado nas panelas coletoras de metal por meio do sistema de basculamento do cadinho por meio da unidade hidráulica, localizado na plataforma do forno. A estação de bombeamento é a unidade responsável por bombear água para todas as partes que necessitem de refrigeração no equipamento. Na estação de bombeamento, existem 2 bombas para tal função uma que executa o bombeamento e a outra fica em módulo de espera. A torre de resfriamento faz a refrigeração da água. Entre um ciclo e outro a água que já refrigerou as partes do forno entra na torre para ser resfriada e novamente entra no ciclo de refrigeração. Os fumos e gases liberados na solidificação dos metais fundidos são retirados nas coifas de solidificação por meio do exaustor.

Quadro 5. Plano de manutenção preventiva FUS-001-001.

Plano de Manutenção Preventiva		
SETOR	FUNDIÇÃO	
ÁREA	VAZ-002	
SISTEMA	FUS-001	
AGLUTINADOR	FORNO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
TAG	FUS-001-001	
Item	Tarefa	Periodicidade
Plataforma do forno	Inspeção visual do corpo do forno	Diária
	Inspeção visual do bico de derramamento de metal	Diária
	Teste do púlpito de comando, teste de comandos, verificar estado geral da estrutura, folga nas botoeiras, teste do curso total dos pistões	Diária
	Verificar operação das luzes de indicação	Diária
	Verificação do refratário antes do início da operação	Diária
	Inspeção visual das conexões de alimentação de água de refrigeração	Semanal
	Verificar operação do pressostato e termostato de água	Mensal
	Inspeccionar os contadores de capacitor	Mensal
	Testar operação dos intertravamentos de porta	Mensal
	Verificação do controle de vácuo	Mensal
	Verificação e lubrificação das chaves seletoras dos fornos	Trimestral
	Substituir cartucho deionizador	Trimestral
	Verificar as conexões da chave seccionadora	Trimestral
	Inspeção geral das mangueiras da plataforma (possível ressecamento e quebra devido aos respingos e as altas temperaturas da plataforma)	Trimestral
	Inspeção das bobinas de indução	Trimestral
	Parada para recuperação do revestimento cerâmico do cadinho	Trimestral
	Substituir a água do sistema fechado	Semestral
	Verificar conexões para alimentação de energia elétrica	Semestral
Verificar conexões para alimentação de óleo hidráulico	Semestral	
Unidade Hidráulica	Verificar o nível de óleo e nunca operar o equipamento abaixo do nível mínimo	Diário

	Verificar se a Temperatura do óleo está dentro do padrão de operação do equipamento.	Diário
	Verificar se a Pressão do sistema está dentro do padrão nos diversos pontos de regulagem do sistema hidráulico.	Diário
	Inspeção de ruídos e vibrações anormais	Diário
	Limpeza externa da instalação hidráulica, observando pontos de possíveis vazamentos	Mensal
	Filtro de óleo (sucção, retorno e pressão) - elemento de malha metálica: limpar com querosene. Elemento de fibra sintética ou papel: inspeção visual, efetuar a troca em caso de o elemento estar saturado	Mensal
	Inspeção dos suportes e braçadeiras, bem como a condição das conexões e possíveis rachaduras na tubulação	Mensal
	Observar a condição dos anéis raspadores e sujeira nas guias	Mensal
	Verificar o estado do motor através da análise de temperatura ou análise de vibração	Mensal
	Bombas da unidade: inspeção de temperatura e ruído. Lubrificação dos rolamentos, verificação do estado das vedações.	Mensal
	Troca de filtro de ar (respiro do reservatório)	Bimestral
	Análise de contaminação do óleo. Analisar as propriedades físico-químicas e o grau de contaminação.	Trimestral
	Observar estado da válvula de segurança.	Trimestral
	Cilindros Hidráulicos de basculamento do cadinho: inspeção visual da haste do cilindro, observar possíveis imperfeições nas camisas	Trimestral
	Hastes desgastadas podem danificar a vedação dos componentes, observar possíveis vazamentos	Trimestral
	Verificar o alinhamento da bomba/motor	Anual
Exaustor	Checar possível aquecimento, vibração, ruído, vedações, fixação, pintura e oxidação	Trimestral
	Limpeza do conjunto e estrutura com produto neutro ou ar comprimido	Semanal
	Inspeção das pás e grades de proteção	Mensal
	Examinar alinhamento dos mancais	Trimestral
	Verificar o estado e a quantidade correta de lubrificante no rolamento, completando, se necessário	Mensal

	Verificar os parafusos e porcas, quanto ao aperto e instalação, que fixam o rotor ao cubo e os mancais à base, bem como os parafusos prisioneiros e chavetas que fixam o cubo ou núcleo da hélice e polias ao eixo do ventilador e motor.	Trimestral
	Verificar a tensão e alinhamento de polias e correias	Trimestral
	Executar a limpeza do filtro de ar	Trimestral
Transformador	Inspeções Visuais:	
	Buchas: vazamentos; trincas ou partes quebradas; fixação de conectores, cabos e barramentos; limpeza da porcelana.	Mensal
	Tanque e radiadores: Vibração do tanque e das aletas dos radiadores; vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e bujões de drenagem; estado da pintura, anotando eventuais pontos de oxidação; todas as conexões de aterramento; nivelamento das bases; posição das válvulas dos radiadores	Mensal
	Termômetros de óleo e enrolamento: funcionamento dos indicadores de temperatura; estado dos tubos capilares dos termômetros; pintura e oxidação; calibração e aferição	Mensal
	Sistema de ventilação forçada: ventiladores quanto a aquecimento, vibração, ruído, vedação a intempéries, fixação, pintura e oxidação; verificação do acionamento manual; inspeção das pás e grades de proteção; circuitos de alimentação	Mensal
	Dispositivo de alívio de pressão: verificar estado de conservação; vazamento de óleo; estados das juntas de vedação	Mensal
	Verificação dos relés de Gás e de Pressão: Vazamento; juntas; fiação; limpeza do visor	Mensal
	Caixa de terminais da fiação de controle e proteção: limpeza, estado da fiação e blocos de terminais; juntas de vedação, trincos e maçanetas da caixa; iluminação, contadores, relés e fusíveis; isolamento da fiação.	Mensal
	Ligações externas: Verificar aterramento e circuitos de alimentação externos	Mensal
	Verificar que a corrente nas horas de carga máxima não exceda seu valor nominal, para evitar que o transformador ultrapasse a	Trimestral

	elevação da temperatura especificada pelas normas	
	Verificação do nível do líquido isolante	Semestral
	Análise do líquido isolante	Semestral
Torre de resfriamento	Verificação e limpeza da tela do filtro na saída do reservatório	Mensal
	Checar possíveis vibrações devido a desbalanceamento indesejado do conjunto.	Mensal
	Limpeza dos tubos de distribuição de água, os furos de saída de água devem estar limpos e desobstruídos.	Trimestral
	Limpeza da carcaça	Trimestral
	Dreno da água e limpeza do reservatório	Trimestral
	Checamagem das pás do ventilador, acúmulo de impurezas podem gerar desbalanceamento	Trimestral
	Realização da limpeza da serpentina a partir da drenagem do sistema, observar possíveis vazamentos	Semestral
	Limpeza no enchimento da torre	Semestral
	Estação de bombeamento	Verificar possíveis vazamentos na tubulação
Teste das válvulas de abertura e fechamento		Semanal
Checamagem da pressão dos manômetros		Semanal
Checar ponto de operação da bomba, pressão de sucção e vazão		Semanal
Observar possíveis vazamentos das gaxetas		Semanal
Lubrificar mancais de rolamento		Mensal
Checar parafusos de fixação da bomba, do acionador e da base		Mensal
Verificar alinhamento do conjunto		Mensal
Substituir gaxetas, caso necessário		Mensal
Desmontar bomba para verificação do estado interno dos componentes e realizar inspeção dos mesmos. Lubrificação após desmontagem		Anual
Inspeção visual dos componentes: parafusos, porcas, gaxetas, juntas, mancal, rolamento, anel de vedação, bujão de dreno, retentor, eixo, carcaça e estrutura		Anual
Inspeção preditiva de análise de vibrações.		Anual

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.3 Conjunto motoredutor ELE-001-001

O conjunto motoredutor ELE-001-001 é responsável pela transmissão de movimento do Motor Elétrico para a rosca sem-fim, com o objetivo de elevar a areia triturada dos moldes que passaram pelo *check-out*. O motor elétrico é acoplado por meio do acoplamento a uma caixa de redução que reduz a rotação do motor para a rotação desejada no conjunto. A caixa de redução é composta pelos mancais e pelas engrenagens da caixa de redução, responsáveis pela redução da rotação.

O Quadro 6 apresenta o plano de manutenção para o conjunto.

Quadro 6. Plano de manutenção preventiva ELE-001-001.

Plano de Manutenção Preventiva		
SETOR	FUNDIÇÃO	
ÁREA	REC-003	
SISTEMA	ELE-001	
AGLUTINADOR	CONJUNTO MOTOREDUTOR	
TAG	ELE-001-001	
Item	Tarefa	Periodicidade
Caixa de Redução	Inspeção visual (eventuais vazamentos ou anomalias de funcionamento)	Semanal
	Análise de ruídos e vibrações	Semanal
	Verificar o aperto de todos os parafusos externos e bujões	Semanal
	Drenar todo o óleo e reabastecer com óleo novo	Mensal
	Engraxar os rolamentos quando da troca de óleo	Trimestral
	Troca de componentes (engrenagens, eixos e rolamentos) substituição de forma preditiva segundo fabricante ou quando houver falha do componente.	Semestral
	Lubrificar os acoplamentos	Anual
Motores Elétricos	Lavar com querosene ou diesel e lubrificar os rolamentos internos	Anual
	Substituir os rolamentos sempre em conjuntos (evitar substituição individual do componente)	Trimestral
	Inspeção visual (ruídos, vibrações oxidações ou sinais de desgaste)	Diário
	Manter a carcaça limpa (facilitando a troca de calor com o ambiente)	Semestral

	Verificar as condições do ventilador e das entradas e saídas de ar assegurando um livre fluxo de ar	Semestral
	Medir a resistência dos isolamentos	Trimestral ou quando aberto para manutenção
	Verificar a conexão dos cabos de alimentação	Mensal
	Verificar estado dos retentores ou anel O'ring realizando troca caso necessário	Mensal
Acoplamento	Inspeção visual quanto a sinais de desgaste	Mensal
	Lubrificar, rever o alinhamento ou ainda substituir elementos elásticos antes da falha	Mensal

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os planos de manutenção foram elaborados a partir de buscas em manuais disponíveis na empresa, pesquisas com fornecedores e entrevistas com mantenedores. As informações foram revisadas com o auxílio dos profissionais responsáveis pela manutenção da empresa.

Foram encontradas dificuldades para encontrar informações técnicas em português sobre vários itens, sendo também necessário despende de tempo para compreender o ciclo produtivo do setor de fundição, bem como o funcionamento de todo o maquinário analisado.

É muito importante citar que a implementação desses planos no ambiente atual da empresa pode se deparar com resistências. Devido ao contraste entre o panorama atual e as práticas propostas, a implementação dos planos deve se dar de uma forma gradativa, pois os responsáveis pelas manutenções podem encontrar dificuldades na adaptação de suas práticas atuais às novas. Algumas das tarefas de periodicidade diária também podem ser realizadas na forma de procedimentos operacionais padrão dos devidos itens, com roteiros de conferência previamente organizados. A intenção da pesquisa como um todo é otimizar, e não, gerar possíveis atrasos e contratempos em tarefas simples.

5 CONCLUSÕES

As manutenções corretivas da indústria em análise aparentemente apresentaram uma porcentagem elevada dentro da totalidade das manutenções realizadas, o que evidencia a necessidade de um plano de manutenção preventiva para a indústria.

A indústria realiza em geral práticas de manutenção corretiva principalmente para itens de pequeno valor, manutenções preventivas geralmente no que se refere a lubrificação de elementos rolantes e práticas preditivas na análise do óleo isolante dos transformadores.

Os planos de manutenção foram elaborados para as máquinas de maior criticidade das três áreas do setor de fundição. No que se refere a criticidade, a gasadora e o conjunto motoredutor apresentaram um nível classificado como Indesejável, enquanto o forno de indução eletromagnética foi classificado como Inaceitável, o que reflete um alto índice de ocorrências e/ou severidade.

Ainda, considerando o histórico de baixo índice da empresa quanto a realização da manutenção preventiva de uma forma organizada, os planos elaborados poderão auxiliar no que se refere a implementação de uma cultura de manutenção, norteando os funcionários e otimizando as intervenções, além de elevar o grau de confiabilidade dos equipamentos. Será possível assim iniciar um histórico de manutenção do maquinário, dando então o primeiro passo para estabelecimento de parâmetros e indicadores de desempenho.

Como sugestão do autor para trabalhos futuros estão a implementação e o acompanhamento dos planos de manutenção desenvolvidos, com atenção principalmente ao como isto será desenvolvido, visto que, a indústria objeto de pesquisa atualmente possui um panorama de manutenção bastante simplório quando comparado ao proposto, ou seja, a mudança cultural deve ser realizada de maneira gradativa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Márcio T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. **Revista Indústria em Foco**, 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/59303786/Manutencao-Preditiva-Confiabilidade-e-Qualidade-Engeman>>. Acessado em 03/05/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. ABNT, 1994.

BRANCO, F. G. **Curso Planejamento e Controle de Manutenção**. Associação Brasileira de Manutenção. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2005.

BERTOLINI, Massimo; BEVILACQUA, Maurizio; MASSINI, Roberto. FMECA approach to product traceability in the food industry. **Food Control**, n. 17, p. 137-145, 2006.

CAMPOS JÚNIOR, Estevam Elpídio. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/50480408/3/HISTORICO-DA-MANUTENCAO>>. Acesso em: 30/05/2018.

DIEDRICH, A.; SELBITTO, M.A. Manutenção centrada em confiabilidade: estudo de caso na indústria de bebidas, **Revista Eletrônica Produção em Foco**, v. 4, n. 1, 2014.

FABRO, Elton. **Modelo para Planejamento de Manutenção baseado em Indicadores de Criticidade de Processo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FIDELIS, Nordana Tonaco Santos; RESENDE, André Alves; GUIMARÃES, Marco Paulo; TANNUS, Silva Pereira. O papel da Manutenção Autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia da Produção**. Fortaleza – CE, 2015.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009, 265p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 4. Ed, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2001. 341 p.

KISTER, Timothy C; HAWKINS, Bruce. **Maintenance Planning and Scheduling Handbook: streamline your organization for a lean environment**. Burlington: Elsevier, 2006.

LEME, Rodrigo Moraes. **Características de fornos a indução com conversores IGBTs**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Itatiba, Universidade São Francisco, 2011.

LEEMIS, L. **Reliability: probabilistic models and statistical methods**. Nova York: Prentice-Hall, 384p. 1995.

MARQUES, Sofia Gonçalves. **Manutenção Industrial e Custo do Ciclo de Vida – extração de oleaginosas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 2009.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance**. 2. ed. Nova York: Industrial Press, 1997. 426p.

NIEBEL, Benjamin W. **Engineering maintenance management**. CRC Press, 2nd ed., 1994.

PALMER D. **Maintenance Planning and Scheduling Handbook**. New York: McGraw Hill, 2 Ed., 2006.

REIS, Rubens Alberto. **Tempos de resfriamento e aquecimento: repercussão no desempenho da manutenção na indústria siderúrgica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa – PR, 2009.

REIS, Zaida Cristiane; DENARDIN, Carina Desconzi; MILAN, Gabriel Sperandio. A implantação de um planejamento e controle da manutenção: um estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício. **VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Niterói - RJ, 2010.

RIBEIRO, Giovani Costa. A importância dos critérios de sustentabilidade na definição de criticidade dos equipamentos analisados sob a ótica de RCM2. **Revista CIER**, n. 55, 2010.

SILVEIRA, Nilton Rosa da; TREIN Fabiano André. **PCM, Administração ao Planejamento e Controle de Manutenção: Aplicada aos Processos de Manufatura**. Novo Hamburgo, 2009.

TAVARES, Lourival A. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999.

TSANG, Albert. H. C. Condition-based maintenance: tools and decision making. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 1, p. 3 – 17, 1995.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

XENOS, Hilarius. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE I – CODIFICAÇÃO E TAGUEAMENTO DAS ÁREAS DE VAZAMENTO E RECUPERAÇÃO

Codificação/tagueamento dos equipamentos da área de vazamento do setor de fundição

FD – Gerência de Fundição - Área Vazamento		
Nível Tag 2	Tag VAZ-002	Área Vazamento
3	Tag	Sistema
	TRF-001	Transformadores
	ALM-001	Alimentação
	RFG-001	Refrigeração
	MOV-001	Movimentação
	PNL-001	Painel elétrico e comando
	EZA-001	Exaustão
FUS-001	Fusão de metal	
4	Tag	Aglutinador
	TRF-001-001	Transformador Geral
	TRF-001-002	Transformador Forno
	ALM-001-001	Ponte Rolante
	ALM-001-002	Talha elétrica Forno
	RFG-001-001	Torre de Resfriamento
	RFG-001-002	Conjunto Bombas
	MOV-001-001	Movimentação Cadinhos
	PNL-001-001	Quadro Elétrico
	PNL-001-002	Quadro de Comando
EZA-001-001	Exaustor geral de gases	
FUS-001-001	Forno de Indução eletromagnética	

Codificação/tagueamento dos equipamentos da área de recuperação do setor de fundição

FD – Gerência de Fundição - Área Recuperação		
Nível Tag	Tag	Área
2	REC-003	Recuperação
3	Tag	Sistema
	DES-001	Desmolde
	ELE-001	Elevação
	PES-001	Pesagem
	CAL-001	Calcinador
4	Tag	Aglutinador
	DES-001-001	Check-out
	DES-001-002	Talha elétrica
	ELE-001-001	Conjunto Motoredutor
	ELE-001-002	Rosca sem-fim
	PES-001-001	Balança Eletrônica
	PES-001-002	Painel elétrico
	CAL-001-001	Calcinador
CAL-001-002	Válvulas	
5	Tag	Posição
	DES-001-001-001	Motovibrador
	DES-001-001-002	Amortecimento da caixa
	DES-001-001-003	Estrutura da caixa
	DES-001-002-001	Rolamento
	DES-001-002-002	Acoplamento
	DES-001-002-003	Motor Elétrico
	ELE-001-001-001	Motor elétrico
	ELE-001-001-002	Caixa de Redução
	ELE-001-002-001	Rolamento Sup/ Inf
	ELE-001-002-002	Mancais Sup/ Inf
	PES-001-001-001	Pesagem de Areia
	PES-001-001-002	Velocidade Ventilação
	PES-001-001-003	Temperatura Forno
	CAL-001-001-001	Sistema Injeção Gás GLP
	CAL-001-001-002	Massarico
	CAL-001-001-003	Motor elétrico
	CAL-001-001-004	Ventilador
	CAL-001-002-001	Válvula de vazão
CAL-001-002-002	Válvula de pressão	
CAL-001-002-003	Válvula de temperatura	