

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

FRANKLIN WILLIAM MAIHACH

**ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E
CONTROLE EM UM REDUTOR INSTALADO EM UMA EXTRUSORA DE FILME
PEAD**

CASCADEL - PR

2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

FRANKLIN WILLIAM MAIHACH

**ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E
CONTROLE EM UM REDUTOR INSTALADO EM UMA EXTRUSORA DE FILME
PEAD**

Trabalho apresentado na disciplina e Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador Mestre Engenheiro
Mecânico: Carlos Alberto Breda**

CASCADEL - PR

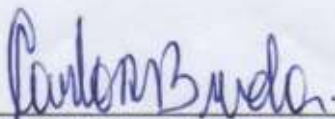
2019

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
FRANKLIN WILLIAM MAIHACH**

**ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E
CONTROLE EM UM REDUTOR INSTALADO EM UMA EXTRUSORA DE FILME
PEAD**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Carlos Alberto Breda.

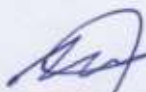
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Me. Carlos Alberto Breda
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Me. Eliseu Avelino Zanella Júnior
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Esp. Geovane Duarte Pinheiro
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro de Controle e Automação

Cascavel, 27 de junho de 2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, que é a razão da minha existência, a minha esposa Ana, por todo apoio que me deu na jornada para que chegasse até aqui, aos meus filhos e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus porque tudo o que tenho e possuo, Vós me destes com amor.

A minha esposa Ana, pelo amor, carinho e compreensão com a minha dedicação a realização de um sonho meu, mas que apoiou como se fosse seu.

Aos meus filhos, Maria, Helena, Pedro e Antônio, que um dia entendam o motivo do meu empenho.

Agradeço a minha mãe Vera Lúcia Klock Maihach, por todo apoio e dedicação ao seu eterno menino.

A meu pai Lenoel Maihach, por ser o exemplo de pai que preciso ser, por todo incentivo e presença, que sempre é de fundamental importância para minha vida.

A todos os professores que me auxiliaram no processo da minha formação acadêmica

Agradeço ao Centro Universitário Assis Gurgacz por tornar possível a realização do sonho de uma criança, quando estava aos 30 anos de idade.

Ao professor Carlos Alberto Breda, que além de exímio mestre e professor, é um profissional Engenheiro Mecânico que um dia almejo alcançar.

EPÍGRAFE

Não basta fazer coisas boas - é preciso fazê-las bem.

Santo Agostinho

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a implantação de um plano de manutenção, operação e controle em um redutor Helimax da fabricante Cestari, que está instalado em uma extrusora de filme de PEAD em uma indústria de embalagens localizada na cidade de Cascavel no oeste do estado do Paraná. O alto custo do equipamento e de operação, demanda especial atenção sobre um de seus acionamentos que é o redutor principal do conjunto de extrusão, que tem sobre uma condição severa de operação, tanto pelo esforço que ele realiza, tanto por aquecimento que sofre por causa do conjunto de extrusão. Para que se possa analisar a manutenção e mitigar possíveis falhas, foi proposto um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) de itens que devido análise foram escolhidos para serem averiguados e mensurados. Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a possibilidade da implantação dessa ferramenta de manutenção e de a desenvolver observando as particularidades que ela teria nesta aplicação em específico. A coleta dos dados foi realizada no local e em uma manutenção corretiva planejada que foi realizada anteriormente a elaboração desse estudo, tendo como base literatura sobre o tema possibilitando a elaboração da análise de viabilidade da implantação dessa ferramenta de planejamento e inspeção de manutenção. Com isso facilitando o acompanhamento da equipe de manutenção sobre a situação de operação e de manutenção do redutor.

Palavras-chave: Manutenção; Redutor; PMOC; falha.

ABSTRACT

This work presents a study on the implementation of a maintenance, operation and control plan in a Helimax reducer from the manufacturer Cestari, which is installed in a HDPE film extruder in a packaging industry located in the city of Cascavel in the western part of Brazil. Paraná. The high cost of equipment and operation demands special attention on one of its drives which is the main reducer of the extrusion set, which has on a severe condition of operation, both for the effort it performs, both for heating it suffers because of the extrusion assembly. In order to analyze the maintenance and mitigate possible failures, a Maintenance, Operation and Control Plan (PMOC) was proposed for items that, due to the analysis, were chosen to be investigated and measured. Therefore, the present work aimed to evaluate the possibility of the implementation of this maintenance tool and to develop it observing the particularities that it would have in this specific application. The data collection was performed on site and in a planned corrective maintenance that was carried out prior to the elaboration of this study, based on literature on the subject, allowing the elaboration of feasibility analysis of the implementation of this planning and maintenance inspection tool. This facilitates the follow-up of the maintenance team on the operation and maintenance situation of the gear unit.

KEYWORDS: Maintenance; Reducer; PMOC; failure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de tomada de decisão da manutenção.....	30
Figura 2: Modelo de conjunto de extrusão.....	34
Figura 3: Extrusora Carnevalli EHD-75.....	35
Figura 4: Redutor desmontado para troca de rolamentos.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de rolamentos e retentores para troca do redutor E-20.....	37
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Confiabilidade	27
Equação 2: Taxa de falhas.....	27
Equação 3: Disponibilidade	28

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle;

kg/h – produção em quilos por hora;

Kw- quilowatts;

MS – Microsoft®;

R\$ – Reais;

BTUs/h – Unidade térmica britânica por hora.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	18
2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	19
2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO	21
2.3.1. Manutenção corretiva não-planejada	21
2.3.2. Manutenção Corretiva Planejada	22
2.3.3 Manutenção Preventiva	23
2.3.4 Manutenção preditiva	24
2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	25
2.5 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DA MANUTENÇÃO	27
2.5.1 Confiabilidade	27
2.5.2 Disponibilidade	28
2.5.3 Plano de Manutenção	28
2.6 FUNÇÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO NA EMPRESA	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	32
3.2 MÉTODOS UTILIZADOS	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 FUNCIONAMENTO DE UMA EXTRUSORA	34
4.2 INVESTIGANDO O HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES ANTERIORES	36
4.3 COMO IDENTIFICAR OS ITENS A INCLUIR NO PMOC	37
4.3.1 Itens críticos	38
4.3.2 Rotina de inspeção	38
4.4 ESTABELECEER OS PARÂMETROS ADEQUADOS PARA OS ITENS DO PMOC ...	39

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DO PMOC	39
4.5.1 Cadastramento dos equipamentos	39
4.5.2 Estudo do equipamento	39
4.5.3 Implementação.....	40
4.5.4 Execução.....	40
4.5.5 Acompanhamento.....	40
4.6 EXPLANAÇÃO SOBRE OS ITENS INCLUÍDOS NO PMOC	40
4.6.1 Ruídos e vibrações mecânicas	41
4.6.2 Óleo lubrificante	42
4.6.3 Sistema de refrigeração	43
4.6.4 Medição de temperatura	44
4.6.5 Vazamentos de óleo e água	45
4.7 TREINAMENTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO.....	45
4.8 A FIGURA DO OPERADOR NA MANUTENÇÃO.....	46
4.9 VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DO PMOC	46
5 CONCLUSÃO.....	47
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICE A – ANEXO I PMOC	50
APÊNDICE B – CHECKLIST PARA O OPERADOR.....	53

1 INTRODUÇÃO

A manutenção de máquinas e equipamentos, fica com maior relevância a medida em que ocorrem avanços tecnológicos e de demanda pelos mais variados e complexos produtos e serviços. Com há o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para que a manutenção possa acompanhar a evolução como o PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle, e a Engenharia de Manutenção, sempre buscando o aperfeiçoamento do processo de manutenção.

O PMOC é uma ferramenta que por força de lei é obrigatório para ambientes climatizados com potência instalada superior a 60000 BTUs/h, mas como será apresentado no estudo a seguir, ela será utilizada para um redutor que tem uma aplicação muito específica, e que recentemente passou por uma Manutenção Corretiva, que além de muito custosa, deixou o equipamento fora de operação por bastante tempo.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar um plano de manutenção para um redutor de uma extrusora de filme plástico utilizando a ferramenta PMOC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um PMOC para a equipe de manutenção;
- Estabelecer uma metodologia para a coleta de dados do equipamento;
- Identificar e qualificar os dados a serem coletados pela equipe de manutenção;

1.2 JUSTIFICATIVA

A manutenção é, na atualidade, um dos pontos mais estratégicos em sistemas de produção e de prestação de serviço. Ela está intrinsecamente ligada a estratégia do empreendimento e aos custos de produção, e um dos elementos mais abundantes nos sistemas de acionamento são os redutores.

Esses redutores geralmente são feitos com peças padronizadas como rolamentos e carcaças que suportam diferentes fatores de redução. Quando analisamos o conjunto de

engrenagens que formam o sistema de redutor, observamos que são compostos por engrenagens muito específicas, para formar aquela redução que a aplicação demanda, por isso é necessário ter um plano de manutenção correto, atendendo as especificações do fabricante e as peculiaridades da aplicação.

Para que se tenha um bom manejo da manutenção sobre os redutores é importante a confecção e implementação de um plano de manutenção que atenda o equipamento em suas demandas bem como as equipes de manutenção e operação estejam aptas a colocá-las em prática.

As extrusoras de filme de polímero tipo balão, possuem um sistema de acionamento composto por um motor principal acoplado em um redutor que por sua vez aciona o conjunto de extrusão. O conjunto de extrusão trabalha em temperaturas próximas a 200°C e exerce uma força axial sobre o mancal de saída do eixo redutor. O redutor possui também com um sistema de refrigeração a água interna, para o óleo, fazendo que trabalhe em uma temperatura mais adequada, para o óleo, seus mecanismos e suas vedações.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível de programar e implantar m Plano de Manutenção, Controle e Operação (PMOC) para um redutor Cestari instalado em uma Extrusora de filme Carnevalli EHD-75?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo foi realizado na empresa fabricante de embalagens plásticas localizada na Cidade de Cascavel - PR, com o objetivo da formulação e execução de um plano de manutenção de um redutor que está instalado em uma extrusora de filme polímero Carnevalli EHD-75. Para atender este objetivo, foram feitas análises no local afim de definir quais eram as peculiaridades dessa aplicação do redutor, coletas de dados das horas de trabalho e do histórico de manutenções anteriores, bem como das trocas de óleo. Tendo como base estes dados foram escolhidos os itens que iriam compor a ferramenta de análise de manutenção PMOC e mensurar os parâmetros que seriam adequados aos itens, utilizando para isso os conhecimentos adquiridos principalmente nas matérias de Manutenção Industrial e de Elementos de Máquinas, uma vez que não há normatização para a utilização dessa ferramenta em manutenção de redutores, considerando-se os principais fatores que influenciam a

manutenção são as condições de operação e aplicação do redutor, não contemplando o restante da máquina.

A metodologia a ser utilizada para a elaboração do PMOC é de inicialmente elaborar um plano técnico rigoroso, com base teórica e de históricos anteriores de manutenção, e com a coleta dos dados feita pelo plano de manutenção, analisar posteriormente quais itens serão estabelecidos como padrões muito justos e/ou que possam ser flexibilizados então identificar possíveis correções deles, mas que não foram devidamente observados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se uma breve introdução sobre métodos de manutenção, trazendo algumas definições relevantes para o entendimento do leitor sobre a metodologia utilizada.

2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A palavra manutenção deriva de uma expressão do latim, *manus tenere*, que significa “manter o que se tem”, embora não percebida, ela sempre existiu ao longo da história desde que a humanidade descobriu e começou a fabricar ferramentas e equipamentos. O começo do nome de “manutenção” ao ato de consertar e manter o bom estado de um equipamento, se deu por volta do século XVI com o surgimento do relógio mecânico, junto com a formação das equipes de técnicos responsáveis pela assistência e montagem dele (PINTO, 2001).

Ao longo da revolução industrial, com o largo emprego de máquina a vapor, tornou patente a necessidade de manutenção desses equipamentos, mas praticamente não teve avanços em seus métodos até a Segunda Guerra Mundial, onde ficou evidente a sua importância tanto no processo produtivo, quanto ao campo de batalha, na aplicação de uma boa manutenção dos armamentos e equipamentos. A partir disso então começou uma busca para desenvolver as melhores estratégias em relação ao manejo da manutenção, visto que, com o passar do ano de 1945 até o momento atual, ocorreu uma corrida de competitividade não só em processos produtivos como também na prestação de serviços. Com isso surgiu a motivação para corrigir, amenizar, prevenir e até detectar eventuais falhas em máquinas e equipamentos aonde chegamos à manutenção detectiva que coleta, analisa e constrói um histórico com os dados que são retirados do equipamento observado, sendo atualmente o método mais avançado de manutenção, mas nem sempre o mais indicado a aplicação devido ao alto custo e necessidade de especialização dos profissionais envolvidos.

Com a evolução da manutenção, foi possível implementar novas técnicas no complexo sistema homem/máquina/serviço, e sendo responsável por essa evolução as seguintes consequências:

- Aumento rápido da diversidade e do número de itens físicos que tem que ser mantidos tanto como equipamentos e edificações;
- Projetos mais complexos;

- Novos enfoques da manutenção e suas responsabilidades;
- Aumento da importância da manutenção na função estratégica para o ganho nos resultados dos negócios e da competitividade das corporações.

2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Como foi abordado anteriormente, a manutenção ao longo do século XX até o presente momento passou por uma evolução contínua, em grande parte por contribuição dos fabricantes da aviação e empresas de transporte aéreo, podendo ser dividida em quatro gerações. Com isso ocorrendo uma transição de um método a outro de manutenção dentro de uma mesma geração ou, inclusive, tendo vários métodos dentro da mesma geração, sempre na busca do melhor desempenho, levando em consideração os equipamentos e processos em que estão sendo aplicadas.

2.2.1 Primeira Geração

A primeira geração abrange um período anterior a Segunda Guerra Mundial onde havia pouca mecanização do processo produtivo, os equipamentos sendo simples e quase sempre superdimensionados.

Nesse período não havia uma preocupação em relação à produtividade, por causa da mão-de-obra abundante e de baixa remuneração, portanto paradas dos equipamentos por causa de falhas não tinham grande importância ao processo produtivo estando a manutenção geralmente ligada a limpeza e lubrificação e sendo em sua maioria a Corretiva Não-Planejada. (RODRIGUES).

2.2.2 Segunda Geração

Esta geração vai desde o período da Segunda Guerra Mundial até o início dos anos 60. No período da guerra houve um aumento da demanda por vários tipos de produtos industrializados ao passo que a mão-de-obra diminuiu consideravelmente com a formação das tropas de soldados, e assim muitas fábricas recorrendo a força de trabalho feminina para suprir o enorme efetivo que as indústrias bélicas necessitavam. Isso fez com que ocorresse uma grande mecanização dos processos produtivos e daí surgiu a necessidade de uma maior disponibilidade

e confiabilidade das máquinas e equipamentos sempre na busca da maior produtividade possível. (PINTO, 2001).

Os custos com manutenção aumentaram bastante em relação aos outros custos operacionais, assim começaram a dar destaque a estratégias que visavam o controle desse custo com a melhora da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, dando origem aos sistemas de manutenção modernos. Com o crescente aumento da complexidade dos itens produzidos, os equipamentos do processo produtivo também aumentaram sua complexidade, e isso fez com que o seu custo de aquisição, instalação e operação também aumentasse, levando à procura de novos meios de prolongar a vida útil dos equipamentos e, com isso, surge a Manutenção Preventiva. (RODRIGUES).

2.2.3 Terceira Geração

Seguindo o estudo de José Fernando Alvares Rodrigues, a terceira geração teve início a partir do começo da década de 70, acelerando o processo de mudanças na indústria, a manutenção começou a ter ainda mais relevância dentro de toda a cadeia do processo produtivo, uma vez que se houvesse falha em um componente ou equipamento todo o ciclo estaria interrompido. Com isso a busca por novos métodos se intensificou ainda mais quando a Toyota desenvolveu, com seus fornecedores e sua rede de concessionários, o sistema just-in-time, para adequar a produção em relação a demanda das vendas dos produtos, assim podendo investir em outras áreas o capital necessário para manter os estoques e evitando que componentes em estoque acabassem sem uso com a mudança no produto, tendo em vista o aumento da dinâmica do mercado de automóveis. Essas mudanças também ocorreram em vários processos produtivos que foram quase integralmente automatizados com o emprego de diversos equipamentos, fazendo com que aumentasse a demanda por manutenção.

A busca por uma indústria com maior eficiência, a diminuição do consumo de insumos, a preocupação com impactos que as mais diversas atividades produtivas têm sobre o meio-ambiente e a saúde do trabalho também começaram nesse período. Assim houve o aumento da responsabilidade dos processos de manutenção, podendo mitigar o risco que diversas atividades causariam, isso fez com que se elevasse a responsabilidade das equipes de mantenedores, que começaram a desenvolver ferramentas de controle e padronização em seus procedimentos com o conceito de manutenção preditiva. (PINTO, 2001).

2.2.4 Quarta Geração

Sendo a disponibilidade um dos mais importantes itens quanto a qualidade da manutenção, e a confiabilidade o objetivo a ser perseguido para que não ocorra surpresas indesejadas no planejamento de produção e de prestação de serviços, a quarta geração tem como característica a abordagem da manutenção desde o projeto do equipamento até a sua manutenção, onde etapas importantes como a fabricação, instalação e operação são observadas sob a perspectiva da facilidade de manutenção, eficiência, tempo de vida útil, custo dos reparos e os elementos necessários para ter em estoque devido à dificuldade de obtenção.

Uma peça complexa que necessita ser substituída e que geralmente só é fornecida pelo fabricante do equipamento pode deixá-lo por um período longo impossibilitado de estar no processo produtivo, fazendo que reflita diretamente na disponibilidade. Já um elemento que sofre um desgaste intenso e necessita de substituição terá impacto na confiabilidade. Muitas vezes essas circunstâncias não têm uma solução para diminuir sua incidência, por isso cabe aos manutentores administrar esses riscos sempre buscando a melhor performance.

Na quarta geração novas abordagens quanto a manutenção, foram desenvolvidas como a Manutenção Detectiva que o próprio equipamento identifica avarias e alerta o operador. Também surgiram várias ferramentas de controle estatístico do equipamento através da aquisição de dados do equipamento quanto da equipe de manutenção. (PINTO, 2001).

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existe hoje, basicamente, 4 métodos principais de manutenção, que são: Manutenção Corretiva (planejada e não-planejada), preventiva, preditiva e detectiva.

2.3.1. Manutenção corretiva não-planejada

A manutenção corretiva não-planejada tem esse nome porque ela faz exatamente isso: corrige os problemas conforme as falhas surgem. Toda vez que uma máquina ou equipamento apresenta um problema de funcionamento, quebra ou queda de desempenho, a manutenção corretiva é utilizada para fazer retornar ao normal o seu funcionamento.

Esse tipo foi o primeiro a ser adotado e surgiu assim que as máquinas começaram a ser utilizadas. Como não havia muita tecnologia, o único jeito de detectar uma falha era quando o equipamento parava de funcionar.

Ela ainda é muito utilizada, principalmente em fábricas ou negócios onde não existe uma boa gestão de manutenção. É claro que ela será necessária em alguns momentos, mas, como regra geral, não deve se transformar no principal tipo de intervenção.

PINTO, 2001, afirma, como não é previsível essa é a manutenção corretiva clássica, isto é, acontece quando a máquina realmente sofre uma pane que, muitas vezes, resulta em parada, e a sua performance pode ser observada no gráfico 1.

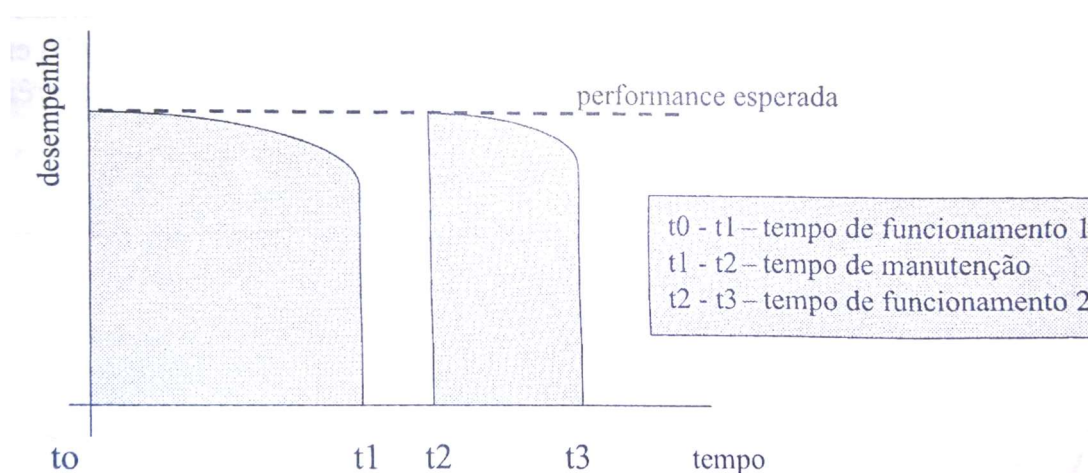


Gráfico 1: Manutenção Corretiva Não-Planejada

(Fonte, Pinto 2001).

Essa manutenção não planejada pode decorrer de falhas prematuras em peças ou de falta de acompanhamento do desempenho do equipamento. De qualquer jeito, ela tende a ser caótica, porque os procedimentos de conserto são emergenciais.

2.3.2. Manutenção Corretiva Planejada

Segundo Lago, 2006, esse método de manutenção é semelhante ao Não-Planejado com a diferença que a parada do equipamento é realizada com uma programação segundo a necessidade da produção e da falha que ele apresenta, portanto a manutenção ocorre de maneira mais tranquila do aspecto de previsibilidade, sendo geralmente menos custosa do que a Corretiva Não-Planejada, pois mesmo se a decisão gerencial for a de deixar o equipamento em funcionamento com alguma anormalidade até a falha ocorrer, pode, por exemplo, ser providenciado um conjunto para substituição rápida. Com isso a Manutenção Corretiva Planejada é um método eficiente e é amplamente usado, e que por mais que se tenha elaborado

outros métodos de manutenção, provavelmente existirá algum momento durante a vida útil do equipamento que será necessário uma intervenção dessa em virtude de desgaste de elemento.

2.3.3 Manutenção Preventiva

De modo inverso a Manutenção Corretiva, esse método pretende evitar a ocorrência das falhas procurando sua prevenção, e como nem sempre os fabricantes fornecem dados adequados para a realização dela, a equipe de manutenção é a responsável por implementar e executar de acordo com a observação da degradação dos elementos do equipamento, formando um histórico e assim definindo a expectativa de vida útil desses e, portanto, podendo prever a falha através do controle do período de substituição deles se antecipando ao surgimento do defeito. (LAGO, 2006).

Esse método, além do elevado custo da substituição dos componentes que ainda teriam alguma vida útil, ele não elimina a possibilidade de manutenções corretivas, como podemos observar no gráfico 2, mas só mitiga o seu uso. As falhas que ocorrem em decorrência da ação humana e dos procedimentos de manutenção, e contaminações que são introduzidas nos sistemas pela equipe de manutenção também são pontos negativos, bem como as paradas dos equipamentos e seus procedimentos para a retomada da operação.

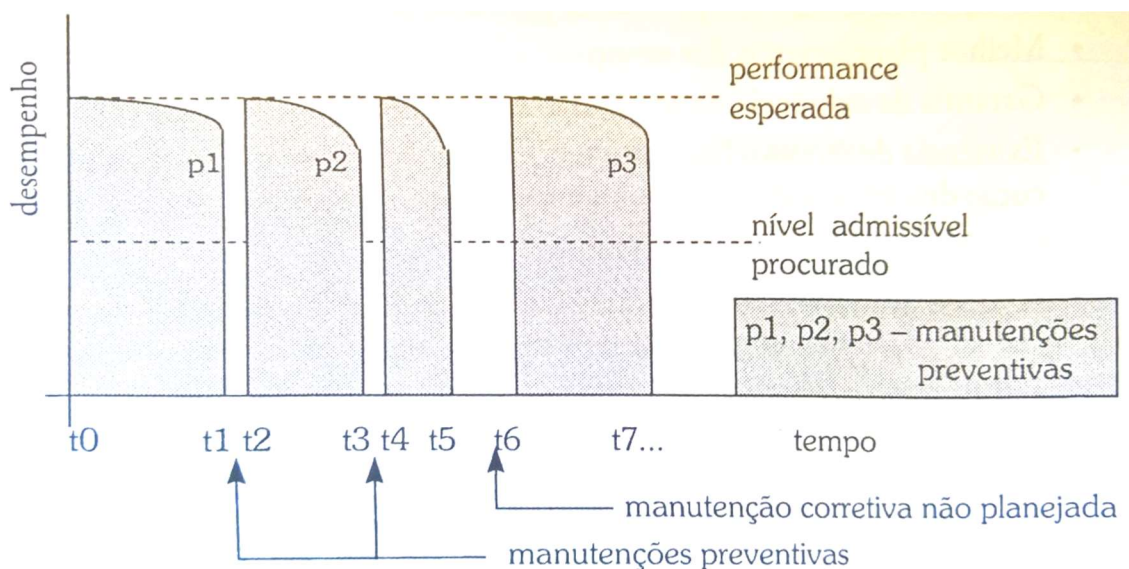


Gráfico 2: Manutenção Preventiva

(Fonte: Pinto, 2001).

LAGO, 2006 afirma que ela é amplamente utilizada em sistemas onde não é possível a Manutenção Preditiva e quando há situações de risco a pessoas, ao meio-ambiente e em sistemas complexos de operação contínua, como na indústria siderúrgica, petroquímica, automobilística etc.

2.3.4 Manutenção preditiva

A Manutenção Preditiva que é também chamada de Manutenção Sob Demanda pode ser definida como a realização de coleta de dados e o estabelecimento de parâmetros de condição ou desempenho, que atende um padrão pré-estabelecido, sendo a que mais se intensifica quanto a utilização de conhecimentos tecnológicos para a sua implementação. Tendo desenvolvido equipamentos que permitam a sua utilização e a avaliação confiável de instalações e equipamentos em pleno funcionamento, ela também é considerada o primeiro grande quebra de paradigma quando houve uma evolução muito grande em relação aos métodos já explicados. (LAGO, 2006).

Seu objetivo é prevenir as falhas, acompanhando diversos parâmetros que são coletados dos sistemas ou equipamentos permitindo a sua operação contínua pelo maior tempo possível, privilegiando a disponibilidade, pois as medições e verificações são realizadas com o equipamento em funcionamento, sendo assim possível o planejamento do tempo de intervenção como mostra o gráfico 3.

Esse acompanhamento é realizado para que se possa encontrar a melhor relação entre desempenho e a performance esperada e fazer a programação da Manutenção Corretiva Planejada, tendo como características o alto custo com a aquisição de equipamentos necessários para as medições e com o treinamento da equipe de manutenção, pois não basta medir, é muito importante a análise do que está sendo medido para obter um bom diagnóstico e a melhor decisão quanto ao procedimento que deve ser adotado. (LAGO, 2006).

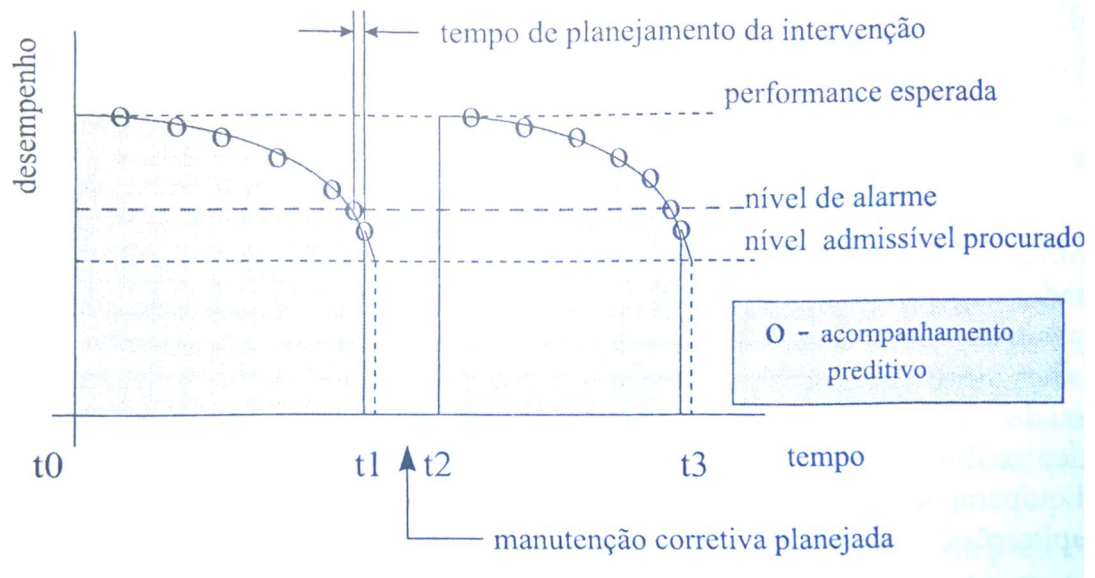


Gráfico 3: Manutenção Preditiva

(Fonte: Pinto, 2001).

2.3.5 Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva utiliza dos métodos da Preditiva mas com a vantagem de um monitoramento mais preciso, geralmente com sistemas computacionais que se encarregam de coletar e analisar esses dados a procura de identificar falhas ocultas ou que não são percebidas pelas equipes de manutenção e operação, mas também pode ser um sistema muito simples, formado por uma lâmpada que acende em sinal de alarme quando uma porta de proteção do equipamento não está bem fixada. Nos sistemas mais complexos além do aviso que foi encontrado alguma falha, o próprio sistema computacional identifica onde ela está ocorrendo e, em muitos casos, qual medida deve ser aplicada para que possa ser corrigida ou mitigada. (LAGO, 2006).

2.4 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Segundo Pinto, 2001, engenharia de manutenção é o que há de mais avançado quando se trata de manutenção na atualidade, pois ela deixa de lado a rotina de consertar de modo contínuo para ir a busca das causas básicas que influenciam a falha, modificar essas situações permanentes e de performance, melhorar os padrões e métodos dando *feedback* a especificação, ao projeto, e inclusive interferindo tecnicamente na compra do equipamento e insumos para a produção e de sua manutenção.

Essa nova perspectiva é reflexo do uso de ferramentas para uma análise muito ampla da manutenção, indo desde o projeto do equipamento, a sua fabricação, instalação, operação e manutenção. Na Engenharia de Manutenção não há um único método, mas sim a síntese dos outros métodos de manutenção segundo a especificidade de cada aplicação como, por exemplo, uma Manutenção Corretiva em uma falha de fabricação do equipamento, uma Manutenção Preventiva em um sistema com alto risco a segurança, a Manutenção Preditiva com alarmes de falhas e até a Detectiva em sistemas mais complexos e sensíveis, e tudo isso se atentando ao custo e esforços para a implementar e manter a manutenção sempre em busca da melhor performance e o menor custo. (PINTO, 2001).

No Gráfico 4, podemos observar a evolução da manutenção, bem como os saltos que foram o surgimento da Manutenção Preditiva e Detectiva e a Engenharia da Manutenção.

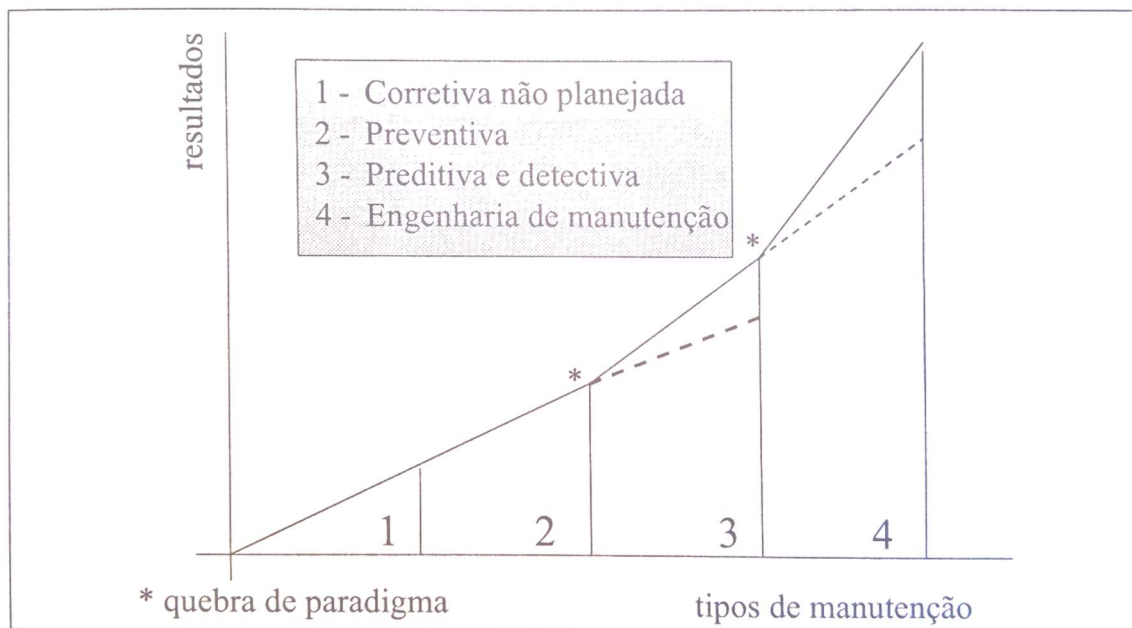


Gráfico 4: Resultados x Tipos de Manutenção

(Fonte: Pinto, 2001).

O PMOC que será proposto para o acompanhamento da manutenção do redutor Cestari, é uma das ferramentas que a Engenharia de Manutenção utiliza para definir qual tipo de intervenção será necessária e quando será realizada.

2.5 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DA MANUTENÇÃO

A manutenção conta com itens que podem ser observados e perseguidos após uma análise e estabelecimento dos padrões adequados, esses itens variam de acordo com o método de manutenção aplicado e a especificidade do equipamento ou processo produtivo.

2.5.1 Confiabilidade

Esse termo, confiabilidade, surgiu do inglês *Reliability*, na busca por mensurar as falhas em equipamentos eletrônicos no uso militar nos EUA, na década de 50, podendo ser definida como a probabilidade que um item possa cumprir sua função demandada, por um espaço de tempo definido, e sob parâmetros estabelecidos quanto ao uso.

Essa ferramenta evoluiu nos anos 60, com um grupo criado na Federal Aviation Administration (entidade do governo dos Estados Unidos, responsável por todos os aspectos e regulamentos da aviação civil nos Estados Unidos), para que melhorasse a confiabilidade nas aeronaves, então chegaram a duas conclusões que até hoje estão em vigor: (PINTO, 2001).

- Quando um item não possui uma falha predominante e característica, revisões programadas afetam pouco a confiabilidade.
- Existem muitos itens que a Manutenção Preventiva não tem eficácia para a melhora da performance da confiabilidade.

A confiabilidade de uma máquina, produto ou instalação pode ser expressa pelas Equações 1 e 2 extraída do livro de Alan Kardec Pinto, 2001.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Onde:

$R(t)$ = confiabilidade a qualquer período (t)

e = base dos logaritmos = 2,303

λ = taxa de falhas pelo tempo

t = tempo previsto de operação (hs)

$$\lambda = \frac{n^{\circ} \text{ de falhas}}{n^{\circ} \text{ total de hs de operação}} \quad (2)$$

Onde:

λ = taxa de falhas pelo tempo

2.5.2 Disponibilidade

A disponibilidade, em uma abordagem simples, pode ser definida como a diferença em um determinado período em que o equipamento está apto para operar, pelo tempo em que necessita de parada para manutenção. Então podemos afirmar que a disponibilidade é a função da confiabilidade com a manutenibilidade. Ela é o maior objetivo da manutenção, porque quanto maior o tempo em que o equipamento está disponível, maior também será a sua produção, e podemos mensurar a disponibilidade através da Equação 3 de Alan Kardec.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (3)$$

Onde:

TMEF = tempo médio entre falhas

TMPR = tempo médio para reparo

2.5.3 Plano de Manutenção

O plano de manutenção é uma estratégia de atribuição de tarefas dentro do departamento de manutenção, que coordenando as habilidades e o conhecimento dos operadores, para que o trabalho e disponibilidade de equipamentos, materiais ou ferramentas, dados e história dos mesmos, aumente o tempo produtivo dos operadores e diminua o tempo perdido em deslocações, preparações de material e atrasos. (PINTO, 2001).

Por regra, o planejamento ocorre antes da execução da manutenção. O responsável do grupo de planejamento analisa primeiro todas as ordens de serviço recebidas para determinar quais merecem serem tratadas como prioridade. Uma equipe de manutenção recebe a ordem de serviço o mais rápido possível e, os trabalhadores, antes da execução da intervenção no equipamento, efetuam uma série de tarefas preparatórias como: identificar ou reservar os

elementos que irão ser substituídos na realização do serviço, antecipar e prever mentalmente prováveis imprevistos no processo de manutenção e tomar medidas para a sua mitigação. Estes esforços criam um "plano de ordens de serviço", proporcionando um ganho de produtividade. O planejador pode também criar uma agenda semanal e, dividir o serviço em equipes, ajudando os supervisores a reconhecer todos os pontos que vão ser contemplados na manutenção, de acordo com o sistema e com as demandas prioritárias do equipamento. (LAGO, 2006)

Um único encarregado de manutenção pode coordenar 20 a 30 colaboradores, sendo que o seu grau de responsabilidade dentro da organização e o apoio da gestão faz a diferença no sucesso de um plano de manutenção.

O supervisor deve ser respeitado e com alta competência na prática de manutenção. Com isso ocorre um aumento da eficácia da análise de dados e detecção das capacidades dos seus colaboradores, tendo uma boa relação com todos os membros de sua equipe. Segundo PINTO (2001), o relacionamento com outros departamentos da empresa é imprescindível, desde o gerente da fábrica até o aprendiz, bem como os fornecedores e fabricantes, para um aumento eficaz dos níveis de manutenção.

Pinto, (2001), destaca que o plano de manutenção tem uma função vital para as equipes de manutenção, sendo habituadas a receber as ordens de serviço com listas de materiais e estimativas de tempo que serão necessários para a sua realização. Os gerentes de manutenção utilizam as seguintes áreas gerais para acompanhar os resultados do plano e relatar à administração superior:

- Da programação da manutenção e do esforço de planejamento deve resultar o aumento da quantidade de trabalho realizado por semana, pois os colaboradores estão focados em resolver todos os serviços solicitados;
- Sendo o trabalho planejado mais eficiente, certificando que todas as peças, ferramentas e instruções estão prontos antes do serviço ser iniciado. A gestão almeja conhecer as horas de trabalho gastas corretamente no planejamento dos postos de trabalho;
- A acumulação de trabalho prioritário acaba diminuindo, por causa do melhor planejamento e realização de serviços. Além disso, o plano de manutenção evita que os pontos com baixa prioridade tenham muita atenção.

O planejamento da manutenção tem um impacto positivo na eficácia de projeto dos equipamentos. As atividades e disponibilidade deles devem ser monitorizadas, e uma dessas

ferramentas de controle é o PMOC (plano de manutenção, operação e controle), que será implementado no redutor Cestari e como modelo e que está no Apêndice A. Em qualquer caso, a gestão deve considerar que um bom plano de manutenção desempenha um papel vital na coordenação de todas as áreas de manutenção para a preservação e melhoria contínua da sua eficácia. Conforme podemos observar na figura 01 o fluxograma de tomada de decisão nos mostra o planejamento e definição da melhor estratégia e de como e quando, se deve intervir no equipamento utilizando os mais variados métodos e ferramentas da manutenção.

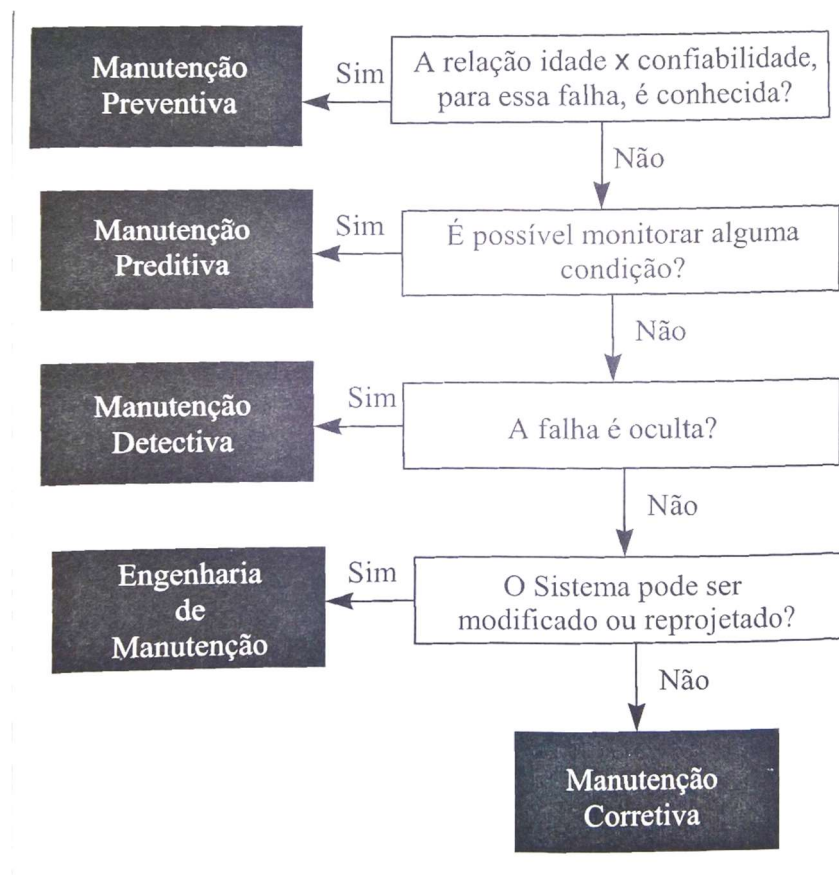


Figura 1: Fluxograma de tomada de decisão da manutenção

(Fonte: PINTO, 2001).

2.6 FUNÇÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO NA EMPRESA

No início da revolução industrial o custo de reparo nos equipamentos tinha pouca importância na formação do preço que esses produtos teriam, mas conforme a complexidade dos produtos foram aumentando, junto com a demanda por eles, processos mais complexos foram desenvolvidos para a produção desses que por sua vez exigiam equipamentos mais

complexos e que tinham uma manutenção com maior custo, com isso as empresas começaram enxergar um custo que necessitava ser administrado, por isso surgiram novos métodos e processos de manutenção. (PINTO, 2001).

“Pensar e agir estrategicamente” é importante para a atividade de manutenção se adapte ao sistema produtivo de modo eficaz para que a empresa possa atingir excelência no setor que atua no mercado. Com um mundo globalizado a competitividade aumenta e mudanças ocorrem em alta velocidade e, como a manutenção é uma das atividades principais do processo produtivo, ela precisa ser um agente proativo. (PINTO, 2001).

A conscientização da gerência de uma empresa sobre a sua manutenção, é de extrema importância para sua estratégia financeira e comercial, com isso houve uma mudança de mentalidade e como os custos que ela gera podem ser administrados. Para a administração moderna, a manutenção além de ser um custo envolvido no processo produtivo, determina vários aspectos da estratégia do negócio, sendo por isso motivo de segredo industrial, visto que tem um grande impacto sobre o valor do produto ou serviço prestado, com isso não temos atualmente a propagação de técnicas inovadoras de manutenção por que tem uma função estratégica e quem desenvolve procura manter sobre sigilo para seus concorrentes não consigam estimar a formação de preço, visto que geralmente o custo da matéria-prima, mão-de-obra e aquisição de equipamentos é mais fácil de ser presumido. (PINTO, 2001).

Para um processo bem-sucedido é importante que ela seja parte da filosofia da empresa, tendo todos os departamentos e setores responsáveis pelo seu funcionamento, a diretoria por causas dos custos envolvidos, mas principalmente da gerência de produção, que são os responsáveis pela operação dos equipamentos, necessitando uma integração entre manutenção e operação.

A manutenção estratégica tem o foco nos resultados da organização, deixando de ser apenas eficiente, para se tornar eficaz, ou seja não tendo como objetivo somente o bom reparo e sendo feito o mais rápido possível, mas também aumentando a disponibilidade do equipamento para produção e reduzindo a probabilidade de uma parada não planejada. (PINTO, 2001).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar a implementação de um Plano de Manutenção, Controle e Operação de um redutor Cestari Helimax E-20 instalado em uma extrusora Carnevalli EHD-75, que apresentou uma falha grave, tendo o objetivo do PMOC a obtenção de dados para evitar uma nova falha, e de fornecer a situação do equipamento para a equipe responsável pela manutenção, enquadrando-se em uma pesquisa de cunho bibliográfico e documental, baseada em materiais já elaborados e fontes secundárias de dados sob a forma de abordagem quantitativa e fins de pesquisa.

Baseado nas informações compreendidas na fundamentação teórica e na necessidade de detalhar as técnicas utilizadas para atingir os resultados, o encaminhamento metodológico foi segmentado em dois tópicos principais, listados a seguir.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O levantamento dos dados para a elaboração da análise de viabilidade econômica desenrolou-se com o auxílio dos seguintes materiais:

- Históricos de manutenção da empresa;
- MS Excel®;

3.2 MÉTODOS UTILIZADOS

A primeira parte do estudo procurou as manutenções que haviam sido realizadas, como trocas de óleo, limpezas e verificações, e o levantamento de dados do equipamento em si como produção, potência instalada no redutor e informações a respeito da operação do equipamento, a partir das medições executadas *in loco* e devidamente anotadas em uma planilha MS Excel®, obtivemos os dados de relações de peças já trocadas, também foi especificado quais equipamentos e utensílios que precisam ser utilizados no processo de manutenção, como medidores de temperatura e sugestão de aquisição de um medidor de vibrações para a análise das engrenagens e rolamentos. Posteriormente, foram definidos os parâmetros do processo, para a coleta dos dados para o PMOC como temperatura da água de refrigeração e definição dos pontos a serem medidos no redutor, e passados a uma lista no MS Excel®.

Com a demanda e os parâmetros estabelecidos, foi possível elaborar os itens a serem incluídos no PMOC e quantificar a periodicidade que seria necessário para as inspeções

regulares. Após isso foram definidas as atribuições para quem seria responsável pelas inspeções, ficando acertado as que tem periodicidade diária por conta da equipe de operação e as que necessitam de maior conhecimento técnico com a equipe de manutenção.

Finalmente para a análise da efetividade do plano de manutenção foi necessário montar um histórico, que não havendo tempo hábil para isso, a análise será teórica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico do trabalho apresentaremos o funcionamento de um sistema de extrusão para que possa ser identificado pelo leitor as peculiaridades da aplicação de um redutor em um sistema assim. Os sub tópicos têm o objetivo de descrever em blocos o passo a passo do projeto proposto. Será explanado sobre o PMOC e suas competências e sua história bem como o histórico de manutenções anteriores.

4.1 FUNCIONAMENTO DE UMA EXTRUSORA

A extrusora é um equipamento empregado na indústria do plástico na fabricação de produtos contínuos como filmes, perfis, tubos, monofilamentos, entre outros. Além da produção de material granulado novo ou reciclado.

O processo de extrusão de plástico começa com os materiais que são chamados de resinas termoplásticas, um tipo de plástico que pode ser derretido, processado e, em seguida, ser derretido novamente para ser usado outra vez. Essas resinas são geralmente entregues em forma de pelotas ou grânulos para serem utilizadas nas máquinas de extrusão de plástico.

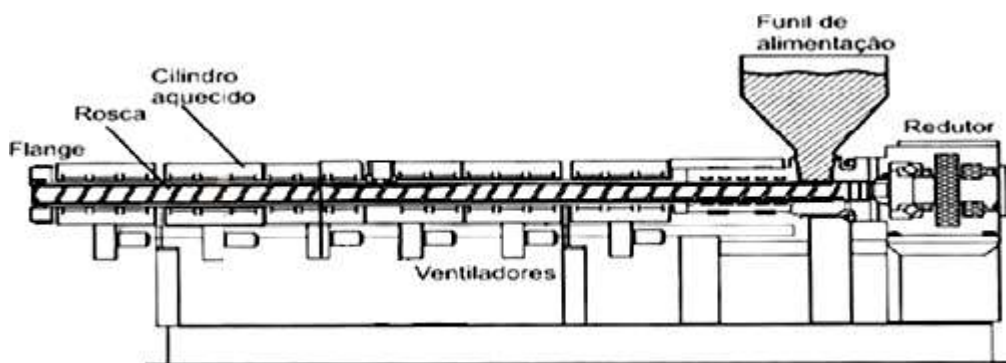


Figura 2: Modelo de conjunto de extrusão

(Fonte: Santos, 2015).

A segunda etapa do processo consiste em alimentar o funil da extrusora, como podemos observar na figura 2, com o material granulado ou moído o qual, através da gravidade, cairá sobre uma rosca que o transportará dentro de um cilindro aquecido por resistências elétricas, sendo parte desse calor provido pelo atrito do próprio material com as paredes do cilindro. Nessa fase, o material passa por três zonas: alimentação, compressão e dosagem.

Na Zona de Alimentação a rosca tem sulcos profundos, pois a intenção é apenas aquecer o material próximo a seu ponto de fusão e transportá-lo a próxima zona. Na Zona de Compreensão existe uma diminuição progressiva dos sulcos de rosca, comprimindo o material contra parede do cilindro promovendo sua plastificação. Na Zona de dosagem, os sulcos da rosca são continuamente rasos, fazendo com que exista uma mistura eficiente do material e a manutenção da vazão através da pressão gerada.

Ao final do cilindro o material é forçado contra telas de aço que seguram as impurezas como metal e borracha, passando então a matriz onde tomará a forma de produto. A partir desse ponto o processo segue um rumo diferente de acordo com o produto a ser fabricado, podendo ser a produção de filmes, frascos soprados, perfis, tarugos, revestimento de fios elétricos etc.

A extrusora analisada nesse trabalho é uma Carnevalli EHD-75 conforme figura 3, que possui um conjunto de extrusão com uma rosca de diâmetro de 75 mm, podendo chegar a uma produção de até 180 kg/h de filme de polímero, dependendo da densidade e da espessura do material extrudado, este equipamento é de propriedade da fabricante de embalagens plásticas.



Figura 3: Extrusora Carnevalli EHD-75

(Fonte: Próprio autor).

4.2 INVESTIGANDO O HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES ANTERIORES

O redutor Cestari passou por uma manutenção em maio de 2018, onde apresentou ruído metálico e vibração durante o seu funcionamento, após a parada de operação do equipamento e sua remoção, ele foi levado para a empresa Tornearia Usintec para que fosse desmontado e identificado o motivo do ruído e vibração que apresentava. Logo que foram retiradas as tampas laterais e a parte superior da carcaça, notou-se que o óleo tinha formado uma borra pastosa, que se acumulava no fundo do redutor e que o rolamento axial 29428e estava muito danificado. Como se pode notar na figura 4, esta pasta interrompeu a passagem de óleo no canal responsável pela lubrificação e refrigeração desse rolamento, fazendo com que este se danificasse soltando partes metálicas que se misturaram com o óleo e se espalharam por todo o redutor, acabando assim por danificar os outros rolamentos também.



Figura 4: Redutor desmontado para troca de rolamentos

(Fonte: Próprio autor).

Após uma inspeção visual, verificou-se que as engrenagens não foram danificadas pelo óleo misturado com partículas metálicas, restando somente o trabalho de uma lavagem adequada. Quando foi desmontada a serpentina de refrigeração foi possível identificar o motivo da quebra do redutor, sendo que a passagem de água estava obstruída, ocasionando uma deficiência na refrigeração do óleo que por sua vez era o responsável pela refrigeração do redutor. Esse calor excessivo provocou o surgimento dessa borra no óleo, esse acúmulo da borra interrompeu a lubrificação e refrigeração do rolamento 29428e fazendo que ele estivesse sobre uma condição de trabalho crítica e viesse a ter uma falha por quebra.

O redutor foi completamente desmontado, com todos os eixos, tampas, engrenagens, parafusos e principalmente a carcaça, que possui uma superfície interna rugosa devido à fundição, passaram por uma lavagem completa para a remoção de todo o particulado metálico que estava impregnado e, após isso feito, o levantamento das peças que necessitariam ser substituídas, como pode ser observado na tabela 01, e solicitado orçamento para o fornecedor. As serpentinas desobstruídas foram levadas para um banho químico para a lavagem, visto que não havia como retirar as incrustações internas.

Tabela 1: Lista de rolamentos e retentores para troca do redutor E-20

Redutor Cestari E-20 OP.2674	EX-103 EHD-75
Rolamentos	Retentores
22310E – 2 peças	Ø50 x 65 x 8mm – 1 peça
22314E – 2 peças	Ø110 x 140 x 13mm – 1 peça
22222E – 1 peça	Ø140 x 170 x 14mm – 1 peça
29428E – 1 peça	
22224E – 1 peça	
16028 – 1 peça	

(Fonte: Próprio autor).

Como esses rolamentos são bastantes específicos e a boa parte deles importados, o fornecedor não tinha a pronta entrega, sendo necessário a encomenda e, portanto, aumentando o tempo de parada do equipamento para a manutenção, sem contar o custo das peças que, devido a aplicação, necessitam ser de boa qualidade.

Com o custo ficando em aproximadamente R\$ 16.000,00 e com o aumento do custo do serviço de manutenção. O tempo de parada total entre o encerramento da produção e a sua retomada foram de 10 dias úteis, mas como esse equipamento trabalha em regime contínuo, contabiliza 12 dias ou 288 horas.

4.3 COMO IDENTIFICAR OS ITENS A INCLUIR NO PMOC

Para a implementação do PMOC é necessário a inclusão de itens importantes para que se mantenha no estabelecimento do Plano, como:

- Identificação do estabelecimento;
- Número de equipamentos que serão vistoriados;
- Potência total dos equipamentos;

- Identificação do responsável técnico;
- Identificação por um número ou código do elemento inspecionado;
- Descrição das atividades e sua periodicidade.

Com isso é possível a formulação de uma planilha como a do Apêndice A, que foi feita para o redutor.

4.3.1 Itens críticos

Esses itens são os quais deve se ter o maior cuidado na frequência de vistoria e no rigor dos parâmetros estabelecidos, sendo geralmente eles os responsáveis por possíveis falhas catastróficas, como no caso do redutor e a obstrução do sistema de refrigeração.

Cada aplicação terá suas particularidades, portanto não há uma regra geral para a seleção deles, no caso específico do redutor Cestari instalado na extrusora existe a temperatura elevada e a carga axial, mas um outro redutor pode sofrer com cargas variadas bruscas no sistema de engrenagens, ou ainda cargas radiais e vibração, cabendo assim a análise do técnico responsável que terá que apontar quais itens devem ser incluídos, e o responsável por sua inspeção, tendo que utilizar seus conhecimentos teóricos e práticos sobre manutenção e elementos mecânicos.

4.3.2 Rotina de inspeção

A rotina de inspeção é definida pelo responsável da elaboração do PMOC e ela consta no documento, mas algumas inspeções tem uma periodicidade alta tem não suporta o preenchimento do modelo no Apêndice A, por isso é interessante uma planilha específica somente para o preenchimento das inspeções como no caso do Apêndice B, que é uma planilha para o preenchimento dos operadores após a inspeção, podendo ser anexada ao documento principal posteriormente.

A inspeção não necessita ser realizada pela mesma pessoa, mas é de suma importância que haja uma padronização nos procedimentos, como por exemplo a definição de um ponto único para a medição de temperatura de um determinado item, evitando assim a aquisição de dados alterados por erro de medição.

4.4 ESTABELECER OS PARÂMETROS ADEQUADOS PARA OS ITENS DO PMOC

Os parâmetros que devem ser estabelecidos servem para que se tenha um padrão para comparação entre o que atende o plano de manutenção ou não, sempre observando a aplicação do elemento que se está realizando o plano de manutenção. Podemos pegar como exemplo novamente a medição de temperatura, se a leitura for somente do redutor mas não levar em conta se o equipamento estava em operação, qual era o horário em que foi realizada a medição, qual era a temperatura ambiente e principalmente a temperatura da água do sistema de refrigeração o resultado da análise dos dados ficará comprometida.

A medição de vibrações também necessita de padronização, mas o parâmetro deve ser estabelecido quando se ter a certeza do bom funcionamento, e assim pode-se comparar com novas medições para encontrar alguma anomalia ou irregularidade que possa aparecer devido ao fim da vida útil dos elementos inspecionados.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DO PMOC

Neste tópico será abordado os passos para a implementação do PMOC e suas peculiaridades quanto a rotina contínua do processo de inspeção do equipamento monitorado.

4.5.1 Cadastramento dos equipamentos

É a parte inicial, e crucial, para um bom plano de manutenção, pois nessa fase ocorre a organização dos equipamentos. Sendo necessária a criação de etiquetas que consigam identificar facilmente cada equipamento. Pois elas que serão usadas para a criação do plano, geração de indicadores e acompanhamento das manutenções.

4.5.2 Estudo do equipamento

Nessa fase é feito o estudo individual de cada equipamento. Em que se verifica a situação atual, o histórico de defeitos, o regime de operação e o seu manual. Com essas informações é possível estruturar o seu plano de manutenção, definindo a periodicidade de cada ação a ser realizada.

É interessante também observar o estado de conservação, instalação e se o equipamento está dimensionado de acordo com a demanda que ele tem que atender, outro item importante

para se averiguar é o fator de trabalho, no caso dos redutores, que é necessário estar de acordo com a aplicação.

4.5.3 Implementação

A implementação é uma fase importante pois é a segunda base para que o planejamento ocorra da melhor forma possível. Nela se coloca as etiquetas nos equipamentos e se introduz no dia a dia da empresa a rotina de manutenção, ou seja, onde se define qual o melhor dia da semana para ocorrer as intervenções e qual profissional será responsável por receber e acompanhar a equipe de manutenção. Além disso, criar a cultura nos colaboradores de relatar qualquer defeito que, porventura, aconteça. Essa ação é extremamente importante para a formação do histórico dos equipamentos.

4.5.4 Execução

Essa fase é onde de fato acontecem as manutenções, que seguem a periodicidade do plano. Elas devem ser feitas por um técnico em mecânica ou refrigeração, não necessariamente quem planejou. Isso garante que as mudanças necessárias sejam feitas da maneira correta, não danificando componentes ou o equipamento como um todo. Além disso, são elas que garantem a durabilidade e confiabilidade do equipamento.

4.5.5 Acompanhamento

Ao fazer um PMOC, o acompanhamento é importante por ser a fase em que se avalia, a cada intervenção no equipamento, se o plano realizado é o mais eficaz possível ou se alguma melhoria pode ser feita. Essa avaliação é realizada pelo técnico responsável pelas intervenções, que depois informa ao elaborador do plano a necessidade de uma reavaliação do PMOC.

4.6 EXPLANAÇÃO SOBRE OS ITENS INCLUÍDOS NO PMOC

Neste tópico será abordado os pontos críticos que são os ruídos e vibrações mecânicas, o óleo lubrificante, sistema de refrigeração, medição da temperatura e vazamentos de óleo e água que devem ser vistoriados seguindo a lista de itens de cada um.

4.6.1 Ruídos e vibrações mecânicas

I. Verificação de ruídos durante funcionamento motor

A inspeção desse item é feita pode ser realizada pelos operadores do equipamento, de modo visual e rotineiro, sempre em busca de alguma avaria como falhas de fixação em alguns componentes e ruídos anormais.

II. Verificação de ruídos durante funcionamento redutor

A inspeção desse item é feita pode ser realizada pelos operadores do equipamento, de modo visual e rotineiro, sempre em busca de alguma avaria como falhas de fixação em alguns componentes e ruídos anormais.

III. Verificação do acoplamento do motor ao eixo de entrada do redutor

A verificação do acoplamento é importante para verificar a condição do elemento de compensação, e se não ocorreu folga nos encaixes do acoplamento, podendo gerar desbalanceamento e ocasionar danos nos rolamentos do motor e do eixo de entrada do redutor.

IV. Verificar a fixação do redutor na base

Se o redutor tiver má fixação em sua base, poderá sofrer desalinhamento, poderá ocorrer desgaste prematuro nos componentes por ele acionados, portanto é importante verificar sua fixação.

V. Verificar a fixação do acoplamento no eixo do motor e do redutor

A fixação do acoplamento nos eixos tem que respeitar as devidas folgas de montagem, para que com o funcionamento não ocorra a perda da fixação, podendo gerar desbalanceamento e ocasionar danos nos rolamentos do motor e do eixo de entrada do redutor.

VI. Verificar a fixação do flange de acoplamento da camisa do conjunto de extrusão

Devido as vibrações e variações de temperatura, decorrentes do processo de produção é importante verificar o aperto dos parafusos de fixação do flange de montagem do redutor no conjunto de extrusão bem como dos seus periféricos para garantir que não haja falha por quebra desses elementos.

VII. Teste de rotação em relação a produção com filtro limpo

Trata de um teste simples de funcionamento onde se determina uma produção média em relação a um ajuste pré-determinado do equipamento, sempre utilizando a mesma matéria-prima e com o filtro trocado.

4.6.2 Óleo lubrificante

I. Limpeza do respiro interno do redutor

O funcionamento correto do respiro do óleo do redutor é muito importante, pois ele é o responsável pela equalização das pressões internas e externas, decorrentes da mudança de temperatura que o redutor sofre ao longo do processo produtivo. Se essas pressões não forem equalizadas, com o aumento da temperatura fará que a pressão interna aumente e com isso force os lábios de vedação dos retentores sobre seus respectivos assentos e cause um desgaste prematuro, inclusive danificando os assentos pelo excesso de pressão.

II. Troca de óleo

A troca de óleo deverá ser realizada anualmente, observando as condições corretas de trabalho, que são a temperatura entre 80 a 90° C não podendo ultrapassar as 10.000 horas/ano de trabalho, o óleo especificado para essa aplicação é o vg isso 220 sintético ou similares.

III. Verificar o nível pelo mostrador

Como o óleo é essencial para o bom funcionamento do redutor, é importante inspecionar se ele está no nível correto sendo nesse caso, de fácil leitura pela observação no mostrador de acrílico podendo ser realizada pelos operadores do equipamento.

IV. Análise da capacidade lubrificante do óleo

Além da inspeção do nível do óleo no redutor, é importante garantir que ele atende as especificações de lubrificação que exige a especificação do redutor, portanto uma análise em laboratório do óleo é interessante que ocorra pelo menos uma vez no meio do tempo de troca, por que assim poderemos estimar a vida útil restante do óleo, comparando o declínio das suas propriedades em relação ao padrão estabelecido pelo fabricante no óleo novo. Constatando que haja necessidade de substituição essa poderá ocorrer antes do tempo previsto.

V. Lubrificar os mancais do motor

Os rolamentos dos mancais do motor necessitam de lubrificação por graxa, então conforme determina o fabricante é necessário o engraxamento observando a especificação da graxa e a periodicidade em relação as horas trabalhadas.

4.6.3 Sistema de refrigeração

I. Verificar o PH da água

O controle do PH da água é importante, para que se possa saber como se deve tratar a água do sistema de refrigeração, tanto em relação a corrosão que possa causar nos elementos quanto a formação de algas, podendo com seu acumulo ocasionar a obstrução do sistema de refrigeração do redutor.

II. Verificar filtros do sistema de tratamento

A filtragem da água serve para que as partículas sólidas que se misturam a água no processo de aeração na torre de resfriamento sejam impedidas de entrarem na linha de

refrigeração e conseqüentemente nos redutores, sendo o seu acúmulo acaba restringindo a vazão e gerando perda de carga no sistema.

III. Verificar vazão da água no sistema

A vazão é imprescindível para o bom funcionamento do sistema de refrigeração, sendo o fluxo de massa diretamente proporcional a quantidade de calor trocado no redutor, por isso o controle dessa variável é importante para a prevenção de falhas devido à alta temperatura.

4.6.4 Medição de temperatura

I. Medir a temperatura do redutor em trabalho

A temperatura de trabalho, é o principal fator para a deterioração das propriedades do óleo lubrificante, por isso essa variável deve ser controlada pelas inspeções, no caso dessa aplicação é interessante que se defina um ponto onde será realizada a medição para que não ocorra erro de amostragem por gradiente de temperatura, o local indicado seria a parte do mancal axial do redutor.

II. Medir a temperatura ambiente após a medição da temperatura do redutor

Uma coleta importante de dados, é da temperatura ambiente após a medição de temperatura do redutor, para que possa ter uma comparação da diferença entre elas devidos as intempéries do clima e possamos obter um padrão sobre a eficiência do sistema de refrigeração.

III. Medir a temperatura de entrada da água de refrigeração

A temperatura de entrada da água do sistema de refrigeração, poderá ser medida na conexão de engate da mangueira no redutor, essa temperatura geralmente será próxima a temperatura ambiente, se for muito mais alta é provável que haja problema na eficiência da torre de resfriamento.

IV. Medir a temperatura de saída da água do sistema de refrigeração

A medição da temperatura da água de saída serve para a comparação com a temperatura de entrada, quanto maior a diferença entre elas, poderá ser por alguma obstrução das serpentinas, e quanto maior a igualdade das medições poderemos analisar a eficiência dos sistema de refrigeração sendo baixa devido ao isolamento de alguma borra que impede o arrefecimento do óleo.

4.6.5 Vazamentos de óleo e água

I. Inspeção das juntas para identificar vazamentos de óleo

Essa inspeção é feita visualmente e geralmente nas partes onde há superfícies que necessitam de vedação por cola e são unidas por parafusos, sendo que ocasionalmente podem apresentar vazamentos. Os bujões de esgotamento de óleo precisam ser inspecionados para averiguar se também não tem vazamentos bem como parafusos que os furos são passantes e tenham contato com o óleo.

II. Verificar vazamentos nas ligações flexíveis

As ligações flexíveis quanto a mangueira e conexões precisam ser inspecionadas quanto a vazamentos, que por mais que não haja um risco para uma falha no redutor, acaba acumulando sujeira e desperdiçando uma água que passou por um processo de tratamento.

III. Inspeção dos retentores para identificar vazamentos de óleo

Os retentores também são componentes que necessitam de atenção e quando for necessário de substituição.

4.7 TREINAMENTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO

O treinamento dos responsáveis pela manutenção tem grande importância não só pela aquisição de conhecimentos técnicos, mas também para o estímulo de bons hábitos e conscientização dos colaboradores que nem o mais correto plano de manutenção se realiza

sozinho, o fator humano sempre estará lá e precisamos mitigar os prováveis erros com a formação de uma cultura de manutenção e zelo, procurando encontrar sinergias com os outros setores da empresa como a gerencia, onde a manutenção pode ser estratégica, e também com a produção, desenvolvendo uma parceria para a detecção de falhas com mais eficácia.

Com o treinamento dos profissionais da manutenção há a possibilidade de além da aprendizagem técnica que é importante, esses colaboradores podem também desenvolverem em suas atividades de acordo com a cultura e filosofia da empresa onde atuam.

4.8 A FIGURA DO OPERADOR NA MANUTENÇÃO

O operador de máquinas em sistemas de produção é o responsável pela primeira linha de manutenção, tanto pelo contato direto e constante com o equipamento, quanto por conhecer os detalhes da operação e de produtividade. O controle de qualidade é também um fator importante para a detecção de falhas no equipamento, por isso o papel do operador para a manutenção tem grande importância, sendo ele o primeiro a identificar quaisquer irregularidades na operação, produtividade do equipamento e na qualidade do produto.

Com o estabelecimento de uma rotina simples de vistoria, como podemos observar no Apêndice B, está proposta uma lista simples dessas vistorias para serem realizadas pelo operador, contemplando os itens propostos pelo PMOC do redutor, além de promover a cooperação entre as equipes de manutenção e operação e a conscientização da importância para a empresa de uma boa conservação dos seus equipamentos.

4.9 VERIFICAÇÃO DA EFETIVIDADE DO PMOC

Como a elaboração do PMOC contou com um histórico bem limitado de informações é possível que alguns itens foram propostos com uma frequência de inspeções muito justas, podem ser alteradas com a formação de um histórico mais robusto, constatando poder ter um maior espaçamento entre as vistorias, ao menos tempo alguns itens podem necessitar de maior rigor em seu controle, mas isto só será possível após a aquisição de dados mais precisos, bem com a inclusão de outros itens.

5 CONCLUSÃO

Com a crescente busca do aperfeiçoamento dos processos produtivos, pelo melhor produto e o menor preço, com a maior margem de lucro possível e com a demanda pelos consumidores que cada vez mais atendam suas necessidades, exigindo produtos cada vez mais complexos, a manutenção se tornou peça chave para o sucesso da estratégia de empresas e corporações. No Brasil ela até hoje é tratada como “gasto”, sendo que, na verdade, é um custo muito significativo do processo produtivo e por isso merece ter uma atenção proporcional ao custo que exerce a formação do preço de produtos e serviços.

Como todo custo, tem que ser analisado para se obter a maior performance pelo menor investimento, e isso faz com que empresas que dão devida atenção a manutenção tem conseguido se manter em bons fundamentos, mesmo aos tempos em que vivemos de estagnação econômica e corte de custos, a busca por uma maior eficiência é a palavra de ordem do momento tendo a manutenção correta uma grande influência não só por maximizar a produção pelo menor tempo de parada do equipamento e por evitar falhas que possuem alto custo para reparo, mas também ajuda a que os equipamentos, quando em operação, possam produzir mais consumindo menos, tanto no consumo de energia por exemplo como na diminuição das perdas no processo produtivo.

Nesse estudo foi elaborado um plano de manutenção utilizando a ferramenta PMOC, partindo de uma manutenção anterior que se limitava a apenas troca de óleo e correção de vazamentos, sendo inclusive estabelecido um método ao qual deverá ser coletado os dados para uma análise futura pela equipe de manutenção, dentre os quais podemos destacar, ruídos e vibrações mecânicas, o óleo lubrificante, sistema de refrigeração, medição da temperatura e vazamentos de óleo.

O PMOC é uma excelente ferramenta para a aplicação nos mais diversos equipamentos, sendo hoje, por força de lei, exigida somente para sistemas de climatização de ambientes, mas que pode e deve ser estendido aos mais diversos equipamentos e aplicações, sempre se atentado as condições de operação e a aplicação do equipamento analisado.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se:

- Análise do impacto do PMOC na disponibilidade no equipamento;
- Análise do impacto do PMOC na confiabilidade do equipamento;
- Estudo para implementação do PMOC da extrusora;
- Estudo do impacto financeiro pela implementação da ferramenta;
- Estudo para implementação de um PMOC para o tratamento da água para refrigeração, bem como seus acionamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAGO, Daniel Fabiano. MANUTENÇÃO PREDITIVA DE UM REDUTOR USANDO ANÁLISE DE VIBRAÇÕES E DE PARTÍCULAS DE DESGASTE. UNESP 2006.

PINTO, Alan Kardec. E NASCIF, Julio Arquino. MANUTENÇÃO FUNÇÃO ESTRATÉGICA. Rio de Janeiro, Qualitymark, Ed., 2001.

RODRIGUES, José Fernandes Alvares. MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA.

COSTA, Mariana de Almeida. GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR O RESULTADO OPERACIONAL. Juiz de Fora, 2013.

SANTOS, Iara T. Q. Pereira, PROCESSO DE OBTENÇÃO DO PVC E SEU PROCESSAMENTO, INSTITUIÇÃO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2015.

APÊNDICE A – ANEXO I PMOC

PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE – PMOC

1 - Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes:	
Nome (Edifício/Entidade): Redutor Cestari Helimax	
Etiqueta do equipamento: 00001	Máquina: EX 103

2 - Identificação do (X) Proprietário, () Locatário ou () Preposto:

Nome/Razão Social: Flexibag Ind. e Com. de Embalagens	CIC/CGC	
Endereço Completo: Rua Três Poderes, 3939 - Cascavel Velho	Tel./Fax	45 3305-5100

3 - Identificação do Responsável Técnico:

Nome/Razão Social: FRANKLIN WILLIAM MAIHACH	CPF:
Endereço Completo	Tel: 45 998040400
Registro no Conselho de Classe	ART*

*ART = Anotação de Responsabilidade Técnica

4 - Relação dos Equipamentos Monitorados:

Tipo de Atividade	Nº de Elementos Analisados	Equipamento onde está instalado	Potência Instalada	Horas de Trabalho
Redutor Cestari E-20 OP.2674 – EHD-75	1	Extrusora Carnevalli EHD-75	90 KW	7400 horas/ano

5 - Plano de Manutenção e Controle

Descrição da atividade	Periodicidade	Data de Execução	Executado Por	Aprovado Por
------------------------	---------------	------------------	---------------	--------------

a) Inspeção De Falhas por Ruídos e Vibrações Mecânicas				
Verificação de ruídos durante funcionamento motor	DIÁRIO	18/05/2019	OPERADOR	
Verificação de ruídos durante funcionamento redutor	DIÁRIO	18/05/2019	OPERADOR	
Verificação do acoplamento do motor ao eixo de entrada do redutor	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar a fixação do redutor na base	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar a fixação do acoplamento no eixo do motor e do redutor	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar a fixação do flange de acoplamento da camisa do conjunto de extrusão	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Teste de rotação em relação a produção com filtro limpo	TRIMESTRAL	18/05/2019	OPERADOR	
b) Óleo Lubrificante				
Limpeza do respiro interno do redutor	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Troca de óleo	ANUAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar o nível pelo mostrador	DIÁRIO	18/05/2019	OPERADOR	
Análise da capacidade lubrificante do óleo	SEMESTRAL	18/05/2019	LABORATÓRIO	
Lubrificar os mancais do motor	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
c) Sistema de Refrigeração				

Verificar o PH da água	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar filtros do sistema de tratamento	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar vazão da água no sistema	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
d) Medição da Temperatura				
Medir a temperatura do redutor em trabalho	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Medir a temperatura ambiente após a medição da temperatura do redutor	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Medir a temperatura de entrada da água de refrigeração	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Medir a temperatura de saída da água do sistema de refrigeração	MENSAL	18/05/2019	TÉCNICO	
e) Vazamentos de Óleo e Água				
Inspeção visual do óleo para ver se não há vazamento interno do sistema de refrigeração	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Inspeção das juntas para identificar vazamentos de óleo	SEMANAL	18/05/2019	TÉCNICO	
Verificar vazamentos nas ligações flexíveis;	SEMANAL	18/05/2019	OPERADOR	
Inspeção dos retentores para identificar vazamentos de óleo	SEMANAL	18/05/2019	OPERADOR	

APÊNDICE B – CHECKLIST PARA O OPERADOR

Inspeção de Operação				
Nome do operador:	Data	Óleo do redutor	Ruído no redutor	Ruído no motor
	Preencher com: OK ou NOK			



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Eu, Carlos Alberto Breda professor do Centro Universitário Assis Gurgacz e orientador do acadêmico Franklin William Maihach no Trabalho de Conclusão de Curso, declaro que as correções solicitadas pela banca foram efetuadas corretamente.

Assinatura do Professor

Cascavel, 02 de julho de 2019.