

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



Luiz Thiago Monteiro de Oliveira
Monica Silveira

**Proposta de um Plano de Manutenção com auxílio da metodologia
FMEA em uma extrusora – um estudo de caso em uma fábrica de
plásticos na Região Metropolitana de Belém**

BELÉM/PA

2017

Luiz Thiago Monteiro de Oliveira

Monica Silveira

Proposta de um Plano de Manutenção com auxílio da metodologia FMEA em uma extrusora – um estudo de caso em uma fábrica de plástico na Região Metropolitana de Belém

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Naturais e Tecnologias da Universidade do Estado do Pará como requisito avaliativo parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Esp. Cláudio Mauro Vieira Serra

BELÉM/PA

2017



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



“Proposta de um plano de manutenção com auxílio da metodologia fmea em uma extrusora – Um estudo de caso em uma fábrica de plástico na Região Metropolitana de Belém”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelos alunos **Luiz Thiago Monteiro de Oliveira e Mônica Silveira**, em 05 de dezembro de 2017, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Esp. Cláudio Mauro Vieira Serra – UEPA
Orientador

M.Sc. Marcelo Pinto da Costa Mendes - CESUPA
Avaliador 1

M.Sc. Carlos Gilberto Vieira da Silva Junior – SESI
Avaliador 2

Belém/PA, 05 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente, a Deus, a figura na qual recorri em todos os momentos da minha vida, principalmente na Graduação, onde recebi dois presentes que irão me acompanhar para sempre, que são meus filhos. Tenho certeza que o futuro com eles será melhor do que sem eles, acredito nos Teus planos, Senhor.

Dessa forma, agradeço aos meninos que se tornaram meu gás para vida, meu Luís Gustavo (o meu Guga) e o meu Miguel Arthur (o Gueguel). Vieram num momento tão inesperado que tive medo de não conseguir continuar, mas eles se tornaram a razão por tudo na minha vida. Hoje estou sendo uma pessoa melhor e espero dar a vocês tudo que merecem, mamãe ama muito!

Também agradeço de coração a minha família. Não conseguiria nada sem minha mãe e meus irmãos. Dona Márcia, sem a senhora esse momento seria só um sonho e graças as suas loucuras de mãe está se tornando realidade, gratidão é pouco agora, espero recompensá-la por tudo que fez por mim. Amo demais a senhora! Aos meus irmãos, Monique e Vitor, os melhores tios que meus filhos poderiam ter, espero também retribuir esse amor da melhor forma.

Agradeço também ao meu compadre e padrasto Joel e seus filhos, por apoio incondicional. Também, não posso esquecer as pessoas que ficavam com meus filhos enquanto ia para as aulas, para o estágio e orientações: a Dona Lene, vó paterna das crianças, à Renatinha e a Ana, as melhores babás que meus filhos tiveram. Meu muito obrigada!

Agradeço também aos meus amigos que tornaram essa fase da vida mais tranquila e inesquecível, principalmente minhas conselheiras Nay, Debora e Stefs, as melhores do mundo. Em especial a Nay, a pessoa que mais me deu forças nos momentos de angústias e dificuldades da maternidade e faculdade, não me imagino sem a tua amizade nestes 5 anos! Também o meu parceiro de TCC, Thiago, que entendeu todas as minhas limitações de tempo e deixou tudo ser mais calmo e produtivo, obrigado, cara!

Desejo também agradecer aos docentes da Uepa que foram essenciais na minha formação acadêmica, em especial ao meu orientador, o Professor Cláudio Serra. E sem esquecer aos professores e coordenação do curso que me deram apoio nos meus dois

momentos de gestação durante a graduação, graças a uma atenção especial estou podendo concluir este curso.

Muito obrigada a todos!

Monica Silveira

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho representa um novo estágio na minha vida, não sei muito o que esperar pelo o que vem pela frente, a incerteza sempre esteve presente em minhas caminhadas. A única certeza que tenho é de quem realmente devo agradecer nas vitórias e lamentar as derrotas; felizmente, esse momento é de vitória. A primeira pessoa é minha mãe, Silvana de Sá Monteiro, que na verdade, sempre esteve em minha mente em todas as minhas decisões já tomadas; é ela que me inspira, dona dos meus valores morais, minha melhor amiga e imbatível treinadora da vida, que me ensinou a viver, como viver e para quem viver. Obrigada por me emprestar suas forças, mãe.

Às minhas avós, Amélia de Sá Monteiro e Joana Duarte de Oliveira, eu agradeço por me ensinar o significado de simplicidade e o quanto isso é valioso, seus carinhos e abraços sempre me confortaram. Agradeço também a minha irmã, Thays de Sá Monteiro, que apesar de todas nossas brigas e intrigas, me proporcionou ver o desenvolvimento de uma criança indefesa para uma mulher forte e temida, quero que saiba que você não pode desistir dos seus objetivos, porque alguém está se inspirando em você. Devo muito ao meu pai, o qual sempre me cobrou muito respeito e disciplina, agora eu posso dizer o quanto isso é importante.

Agradeço ao meu padrinho, Roberto Ferreira Gomes, por ser essa cara incrível que sempre confiou em mim e me proporcionou conversas que levarei para a vida toda. Agradeço também a minha madrinha, Shirley de Sá Monteiro, pelo seu carinho, sempre fazendo de tudo para reunir a família e amigos, mostrando o quanto é importante manter as pessoas que nos amam o mais perto possível. Sou grato a toda minha família, por sempre estarem disposto a contribuir e ajudar em qualquer projeto da minha vida.

Há sete anos a vida me permitiu conhecer uma garota incrível, Natasha Palheta Borges, que obviamente despertou meu interesse; felizmente ela tornou-se minha amiga e namorada. Venho agradecer simplesmente pela sua existência, apenas nós dois sabemos pelo o que passamos; sua voz me permitiu calma para esquecer todos os problemas rotineiros e tranquilidade para sentar e escrever esse trabalho, assim como todos os outros.

Tenho a enorme satisfação de dizer que sou grato a minha parceira desse trabalho, Monica Silveira, que embarcou nessa jornada comigo, e que graças isso, puder realmente conhecer a pessoa sensacional que ela é; apesar de toda a sua vida corrida, se esforçou ao máximo para esse trabalho. Sua perseverança já se tornou um exemplo para mim.

Agradeço também aos meus amigos de longa data, que venho juntando desde o ensino infantil e quanto mais o tempo passa, mas certeza tenho que as nossas amizades vieram se fortalecendo. Assim como, meus colegas de curso, o qual tornaram tudo mais divertido. E por último, agradeço ao meu amigo, Paulo Klemann, que prestou um enorme suporte a esse trabalho, compartilhado a sua enorme sabedoria sobre extrusoras.

Muito obrigado!

Luiz Thiago Monteiro

“Se você não lutar por alguma coisa, será vencido por qualquer coisa”.

Sucker Punch

RESUMO

Atualmente, as indústrias buscam manter padrões de produtividade elevados e atingir custos mais reduzidos, uma forma de alcançar tais objetivos vem da diminuição de falhas e paradas no maquinário, isto por que estes eventos podem causar perdas significativas às empresas, como produtos com defeitos, perda de matéria-prima, etc., devido a estes problemas. Com isto, a área da Manutenção possui a missão de atuar na eliminação ou redução destes problemas nas indústrias. A empresa objeto de estudo enfrenta problemas com o alto índice de manutenções corretivas em suas máquinas, com isso, este trabalho buscou propor um plano de manutenção com o auxílio da ferramenta FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* – Análise dos Modos de Falhas e Efeitos) no processo primário da transformação do plástico – a extrusão. A fim de alcançar este objetivo, foram feitos estudos das falhas, entrevistas com funcionários, pesquisa no histórico da empresa, análise do modo e efeito de falhas (FMEA) e uso de apostilas técnicas para a elaboração do Plano de Manutenção estruturado em quatro partes: a) rotas de inspeção mecânica, b) roteiro de lubrificação, c) manutenção de troca de itens e, d) plano preventivo. O estudo visou transformar o setor de manutenção da empresa, considerado essencialmente operacional, em uma área estratégica através de registros capazes de gerar informações úteis para o desenvolvimento de relatórios gerenciais para empresa.

Palavras-chave: Manutenção, Análise de falhas, Plano de Manutenção.

ABSTRACT

Presently, industries seek to maintain high productivity standards and achieve lower costs. One way to achieve these goals is to reduce machine failures and downtime, as these events can cause significant losses to companies, such as defective products, loss of raw material, etc., due to these problems. With this, the Maintenance area has the mission to act in the elimination or reduction of these problems in the industries. The company under study faces problems with the high index of corrective maintenance in its machines, with this, this work sought to propose a maintenance plan with the aid of the FMEA tool (Failure Modes and Effects Analysis - Failure Modes and Effects Analysis) in the primary process of plastic transformation - extrusion. In order to reach this objective, studies of failures, interviews with employees, historical research of the company, analysis of the mode and effect of failures (FMEA) and the use of technical manuals were developed for the elaboration of the Maintenance Plan structured in four parts: a) mechanical inspection routes, b) lubrication route, c) maintenance of exchange's items and, d) preventive plan. The study aimed to transform the maintenance sector of the company, considered essentially operational, in a strategic area through records capable of generating useful information for the development of managerial reports for company.

Keywords: *Maintenance, Failure Analysis, Maintenance Plan.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A evolução da Manutenção.....	29
Figura 2: Disponibilidade x Lucro.....	36
Figura 3: Exemplo de Gráfico de Áreas.....	47
Figura 4: Planta baixa da empresa setor de transformação plástica.....	59
Figura 5: Fluxograma de Solicitação de Serviço de Manutenção.....	61
Figura 6: Etapas de aplicação da ferramenta FMEA.....	63
Figura 7: Gráfico de Áreas do FMEA da extrusora.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Distribuição dos pesos no FMEA.....	45
Quadro 2: Modelo de Matriz de Investigação.....	47
Quadro 3: Modelo de Rota de Inspeção Mecânica.....	53
Quadro 4: Modelo de Roteiro de Lubrificação.....	55
Quadro 5: Técnicas preditivas para máquina rotativas.....	56
Quadro 6: Matriz de modo de falha e efeito para Gráfico de Áreas.....	65
Quadro 7: Matriz de Investigação de Causas-Chave da extrusora.....	67
Quadro 8: Causa Prioritária – Temperatura Inadequada da massa.....	68
Quadro 9: Ficha de Inspeção de Rota Mecânica (frente)	70
Quadro 10: Ficha de anotações adicionais da Rota de Inspeção Mecânica (verso)	71
Quadro 11: Roteiro de Lubrificação do Grupo Extrusor.....	73
Quadro 12: Lista de Troca de Itens de desgaste.....	74
Quadro 13: Manutenção Preventiva Diária.....	75
Quadro 14: Manutenção Preventiva Semanal.....	76
Quadro 15: Manutenção Preventiva Quinzenal.....	77
Quadro 16: Manutenção Preventiva Semestral.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo de oportunidade da extrusora por não produção.....	62
--	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

Siglas	Significado por extenso	Tradução
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria de Plásticos	
ABIEF	Associação Brasileira de Industrias de Embalagens Flexíveis	
Abraman	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de ativos	
BSI	<i>British Standards Institution</i>	Instituição de Padrões Britânicos
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>	Manutenção Baseada na Condição
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>	Análise de Modos de Falhas e Efeitos
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	Organização Internacional para Padronização
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas	
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade	
MPT	Manutenção Produtiva Total	
NBR	Normatização Brasileira	
NP	Normatização Portuguesa	
OM	Ordem de Manutenção	
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção	
POP	Procedimento Operacional Padrão	
RAM	<i>Reability, Availability, Maintainability</i>	Confiabilidade, Disponibilidade, Mantenabilidade
RCFA	<i>Root Cause Analysis</i>	Análise de Causa-Raiz da Falha

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Considerações iniciais	17
1.2. Justificativa	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo Geral	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Procedimentos Metodológicos	20
1.4.1. Caracterização da pesquisa.....	21
1.4.2. Delineamento da pesquisa	22
1.4.2.1. FMEA.....	23
1.4.2.2. Plano de Manutenção	24
1.5. Organização do Trabalho	25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. A Manutenção	26
2.1.1. Conceitos da manutenção.....	26
2.1.2. Evolução da Manutenção	28
2.1.3. Tipos de Manutenção	30
2.2. Manutenção e sua função Estratégica	35
2.3. Estratégias de Gerenciamento da Manutenção	37
2.3.1. Ferramentas para o Aumento da Confiabilidade.....	42
2.3.1.1. FMEA.....	43
2.3. Interpretando o FMEA	46
2.4. Planejamento e Controle da Manutenção	48
2.5. Plano de Manutenção	50
2.5.1. Planos de Inspeção Visual.....	51
2.5.2. Roteiros de Lubrificação	54
2.5.3. Monitoramento de características do equipamento	55
2.5.4. Manutenção de troca de itens de desgaste.....	57
2.5.5. Plano Preventivo	57
3. ESTUDO DE CASO	58
3.1. Caracterização da empresa	58
3.2. O processo de extrusão e procedimentos atuais para manutenção	58
3.3. Análise dos modos de falhas e efeitos da extrusora	62

3.4. Desenvolvimento do Plano de Ação para falhas de alta prioridade	64
3.5. Proposição do Plano de Manutenção.....	68
3.5.1. Inspeção de rota mecânica.....	68
3.5.2. Roteiro de Lubrificação	72
3.5.3. Manutenção de troca de itens de desgastes	74
3.5.4. Plano preventivo	75
4. CONCLUSÃO	80
4.1. Considerações finais.....	80
4.2. Propostas de pesquisas futuras	81
5. REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A	91
APÊNDICE B	94
APÊNDICE C	96
APÊNDICE D	98
APÊNDICE E	100
ANEXO A	103

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Plásticos (ABIPLAST, 2017), a matéria-prima plástica há muitos anos substitui diversos tipos de materiais como o aço, o vidro e a madeira devido conter características de peso e custos reduzidos, apresentam altas resistências mecânica e química, facilidade de aditivção e ainda por serem grandemente recicláveis. Há diversos tipos de plásticos, sendo que um dos mais consumidos é o polietileno. Esta resina apresenta propriedades de moldagem diante da ação de temperatura e pressão no seu processo, por conta disso é muito utilizado na indústria de embalagens plásticas flexíveis. A sua principal aplicação é para sacos plásticos, filmes plásticos, recipientes, garrafas e etc. tendo forte ligação com consumo.

A produção das embalagens plásticas flexíveis atingiu cerca 1,834 milhão de tonelada, com queda de 0,1%, comparado a 2015, e um faturamento de R\$ 21 bilhões, com alta de 6%, segundo a Associação Brasileira de Indústrias de Embalagens Flexíveis (ABIEF, 2017). Com a retração do mercado, advinda de uma instabilidade política e a lenta recuperação econômica em curso, as empresas buscam se adequar como podem para conter custos desnecessários e aumentar a sua margem de lucro. Diante disso, as indústrias atualmente se esforçam para alcançar fatores de competitividade e qualidade, buscando a redução de custos e melhoria nos indicadores de desempenho para sustentação das operações. Alcançar tais resultados são consequências de estratégias de produção que visam prever problemas, otimizar recursos e processos a fim de obter informações confiáveis para a organização.

Dentre as diversas maneiras de atingir estas soluções, a manutenção é capaz de investir esforços para as empresas contornarem situações problemáticas no chão de fábrica, como parada de máquinas. Entretanto, esta área normalmente é considerada como um mal necessário, mesmo as fábricas se tornando cada vez mais automatizadas e complexas. Os volumes de produção e as exigências por qualidade aumentam e, por conseguinte, se são mal planejadas ou não são priorizadas podem trazer grandes prejuízos às atividades fabris (XENOS, 1998).

Nesse contexto, Pedrosa (2014) comenta que as indústrias têm potencial de retorno investindo mais na gestão dos seus ativos físicos melhorando a performance na

sua produção e aumentando o controle e segurança dos processos. A manutenção vem sendo uma ferramenta fundamental para apoiar tais medidas, alcançando papéis na disponibilidade, qualidade dos produtos e serviços, redução de risco de funcionamento (segurança, ambiente, operação), podendo aumentar rentabilidade econômica e a segurança das pessoas e do ambiente.

Entretanto, no Brasil, esse investimento ainda não é tão eficaz a ponto de diminuir a realidade de despreparo de muitas fábricas em situação de paradas e prejuízos por mau planejamento da manutenção de seus equipamentos. A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de ativos (Abraman) aferiu que em 2013 as indústrias aplicaram 4,69% do seu faturamento bruto para a manutenção, ou seja, um valor que comparado a 2011 aumentou 16%, onde a lógica para os gestores é de utilizar sempre o menor possível de acordo com a média nacional.

Segundo Xenos (1998), na prática, as atividades fabris ainda sofrem com a falta de gerenciamento da manutenção devido à pouca ênfase neste setor, por exemplo:

- há uma deficitária análise de falhas e a preocupação em somente consertar o que quebrou, ou seja, é mais comum “remover sintomas” e não utilizar métodos de análises de falhas;
- a manutenção preventiva é mal realizada ou inexistente;
- os relatórios de falhas dos equipamentos são mal preenchidos e pouco explorados para análise;
- faltam padrões de manutenção.

Esses fatores, em conjunto ou não, devem ser diagnosticados para que as proposições de mudanças sejam iniciadas, ou continuadas, pois o ideal seria que se criasse na cultura das empresas uma mentalidade proativa para resolução de problemas.

Pode-se também integrar a este cenário problemático, quesitos que elevam os custos da manutenção, aliás, o custo de falhas, como os equipamentos que podem já estar em situações desfavoráveis e obsoletas; a organização e gerenciamento da manutenção são “tocadas” ao invés de gerenciada de maneira eficiente; os recursos materiais utilizados para o conserto, como peças de reposição, as documentação técnicas, equipamentos de medição e recursos financeiros; e recursos humanos que interagem na operação, manutenção e gerenciamento.

De modo sistemático, o problema permeia por diferentes áreas do chão de fábrica, por diferentes equipamentos e diversos profissionais. Sendo assim, este trabalho avaliou uma empresa de fabricação de plásticos de médio porte, onde o equipamento estudado: a extrusora, foi considerado o mais crítico para o processo produtivo e cujo sofre dos problemas demonstrados acima.

Diante disso, o trabalho procura priorizar as ações de manutenção em dois planos: um de curto prazo, com medidas urgentes para falhas consideradas de alta prioridade e, outro de médio prazo, por meio de um Plano de Manutenção completo para a extrusora em estudo. A análise minuciosa das falhas só foi possível por um estudo completo dos modos de falhas e efeitos da extrusora utilizando a metodologia do FMEA, tal ferramenta foi aplicada concomitantemente por outro autor, que será mostrado adiante, permitindo uma análise mais eficiente e otimizada para as atividades de manutenção futuras na empresa.

1.2. Justificativa

A importância que a manutenção tem na gestão dos ativos físicos, na efetuação de controles de irregularidades em ocorrências com as máquinas são indispensáveis dentro do contexto industrial. O desenvolvimento da metodologia de prevenção de falhas em uma extrusora é devido a significativa participação deste equipamento na indústria de transformação plástica. De acordo com a Abiplast (2016), a extrusão é equivalente à 63% do processo produtivo utilizado na produção do setor, onde 34% é apenas para extrusão de filmes (materiais utilizados para confecção de embalagens flexíveis), da empresa deste estudo.

Para tal, a aplicação eficaz de ferramentas que promovam a qualidade de equipamentos impactando positivamente no desempenho das atividades industriais pode auxiliar em processos de melhoria contínua e esforços para soluções de problemas ainda no chão de fábrica pelos operários. Assim, com o apoio de uma ferramenta de análise de falhas, as melhores alocações de recursos financeiros e humanos para um Plano de Manutenção Preventiva se tornará essencial para a empresa objeto de estudo.

Esta será a primeira abordagem adotada na fábrica em estudo e na extrusora também, sendo que a taxa de produtividade deste equipamento é considerada umas das mais importantes para o setor e sua utilização também é alta, de acordo com os envolvidos na produção e supervisão. Os engenheiros, técnicos e operadores possuem ainda

procedimentos não padronizados e documentação de ocorrências inadequada. Tais ações impossibilitam um planejamento da manutenção o que se faz importante a introdução de conceitos e práticas de qualidade. A fábrica apresenta redução na sua produção, o qual é resultado de paradas de máquinas provenientes de manutenções corretivas. A partir da análise dos registros de solicitações de serviços de um período de três meses foi possível observar um custo de não produção de R\$ 180.600,00 proveniente de paradas de máquinas.

A proposição do Plano de Manutenção preventiva e a análise de falhas exigem um esforço de todos os envolvidos na produção, ou seja, operacional e manutenção, objetivando melhorar o cenário atual da empresa para a utilização das melhores práticas na manutenção.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Propor um Plano de Manutenção a uma extrusora, a partir de um estudo de previsão de falhas realizado por meio da metodologia FMEA.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analisar informações adquiridas pelo estudo do FMEA, quanto aos componentes da extrusora e suas falhas, modos de falhas e efeitos;
- Elaborar plano de ação, com 5W2H, para falhas de alta prioridade a fim de iniciar a elaboração do Plano de Manutenção;
- Organizar informações técnicas e operacionais do Manual do Fabricante das extrusoras e com os envolvidos no processo de extrusão para melhor alocação de recursos para o Plano de Manutenção;
- Elaborar Rotas de Inspeção Mecânicas, Roteiros de Lubrificação e *Check-list* de troca de itens de desgaste;
- Desenvolver Plano Preventivo com procedimentos operacionais padrão.

1.4. Procedimentos Metodológicos

Para a elaboração do Plano de Manutenção e padronização das atividades do setor de manutenção foi utilizado a análise de falhas proposta pelo FMEA o que formou uma estrutura ideal para começar os processos de padronização das atividades de manutenção e auxiliar neste propósito. A seguir os procedimentos metodológicos adotados para confeccionar este trabalho.

1.4.1. Caracterização da pesquisa

Conforme Gil (2007), sob o ponto de vista na forma de (i) abordagem do problema, a pesquisa apresenta caráter qualitativo, pois propicia o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos. Prodanov (2013) comenta que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. O presente trabalho se baseia na análise de falhas, modos de falhas e efeitos das falhas em uma máquina de extrusão, as informações coletadas gerarão informações padronizadas para auxiliar à gerência de manutenção, ou seja, não utilizará dados estatísticos como o centro do processo de análise do problema, não tendo, portanto, a prioridade de numerar ou medir unidades. Os dados coletados são descritivos onde mostrará o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada.

De acordo com Silveira *et al* (2009) (ii) a natureza deste trabalho se demonstra como uma pesquisa aplicada, onde visa gerar conhecimento para aplicação prática, voltada a solucionar questões específicas. No caso, o trabalho propõe um Plano de Manutenção que envolve a realidade de uma fábrica que necessita de uma máquina constantemente disponível, com isso este trabalho é oportuno de ser executado.

Segundo Gil (2007) este trabalho apresenta características que a delimitaram-na (iii) quanto ao objetivo de pesquisa do tipo exploratória. De acordo com Markoni e Lakatos (1991), as pesquisas exploratórias são averiguações de pesquisa rotineira e têm como objetivo a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa, ou modificar e clarificar conceitos. Dessa forma, o desenvolvimento desta pesquisa no ambiente em que está sendo explorada permitirá aplicar de maneira direta os conceitos e técnicas encontrados no Estado da Arte e condicionar as variáveis existentes e encontradas no objeto de estudo para que se chegue nos objetivos deste.

Por fim, (iv) quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho se desenvolveu baseado nos procedimentos de um estudo de caso, que se caracteriza pelo estudo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados.

Segundo Michel (2005), trata-se de uma técnica utilizada em pesquisas de campo que se caracteriza por ser o estudo de uma unidade com o objetivo de compreendê-los em seus próprios termos, ou seja, no seu próprio contexto.

O estudo de caso deste trabalho usa o setor de extrusão de uma fábrica que receberá um plano de manutenção completo para utiliza-lo de acordo com o modelo encontrado na literatura e sendo dimensionado ao seu sistema. A seguir, será mostrado aspectos detalhados de como se definiu todo esse processo de elaboração do plano.

1.4.2. Delineamento da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma empresa de transformação do plástico, mais especificamente em embalagens plásticas flexíveis, visando elaborar propostas de melhorias na área de Manutenção da fábrica. Para tal, buscou-se identificar primeiramente qual setor era o mais relevante ao processo produtivo por necessitar de alta disponibilidade, que é a extrusora. Assim como, explorou-se como eram os procedimentos de solicitação de manutenção e ações de manutenção a fim de encontrar gargalos a serem solucionados.

Como a empresa não apresenta algum tipo de padronização de documentação das atividades de manutenção, utilizou-se fortemente de uma base empírica dos colaboradores da empresa, principalmente os que já estão há mais de dez anos no local ou com experiência com a máquina. Portanto, instrumentos como entrevistas informais, observações *in loco* e informações dos arquivos existentes na empresa foram buscadas e obtidas conforme surgia a necessidade na construção deste estudo de caso.

- Entrevista

Este tipo de coleta de dados é uma tática que pode ser empregada nos métodos quantitativos ou qualitativos, principalmente pelo fato de haver diversas maneiras de aplica-la no contexto científico (MARTINS ET. AL., 2014). Para este trabalho, adotou-se o tipo informal, que, segundo Gil (2007), é o menos estruturado possível e só se distingue da simples conversação porque tem como objetivo básico a coleta de dados.

As entrevistas informais utilizadas buscarão abordar realidades pouco conhecidas pelos autores, ou então oferecer visão próxima do problema pesquisado. Se buscará obter informações que necessitem de suporte técnico quanto a extrusora e procedimentos da manutenção já utilizados, visando encontrar um panorama do que é feito com o que

deveria ser feito, tanto pelo Manual do fabricante ou na literatura. Os profissionais que serão entrevistados serão os ligados direta ou indiretamente com a produção (entende-se como operação + manutenção).

Sendo assim, o Gerente de Manutenção Industrial (Supervisor), o Técnico Eletricista do turno, o Técnico Mecânico do turno e o Estagiário de Engenharia Mecânica, sendo que todos não são exclusivos da extrusora, mas são experientes no setor ou tem alto conhecimento técnico da máquina.

- Pesquisa documental

O histórico da empresa sobre paradas de natureza elétrica ou mecânica foram coletadas a partir de informações das manutenções antigas, das Solicitações de Serviços por parte da área de operação, dos Cronogramas de Manutenção executados da área de manutenção e as Ordens de Serviços levadas ao almoxarifado, do período de outubro de 2016 a fevereiro de 2017.

Esta etapa conseguiu registrar o custo de oportunidade da extrusora, ou seja, o que ela deixou de produzir e com isso gerar receita para a empresa, e também para validar alguns critérios utilizados na metodologia do FMEA, principalmente quanto as ocorrências de paradas da extrusora. Esta ferramenta auxiliou aos colaboradores entender melhor a máquina para então elaborar o plano de manutenção.

Para o Plano de Manutenção, será utilizado o Manual do Fabricante das extrusoras em estudo, pois este documento possui todas as informações necessárias para a melhor tomada de decisão nas atividades que irão compor o plano, tais informações serão detalhas adiante.

1.4.2.1. FMEA

O Plano de Manutenção se tornou propicio após uma ação conjunta de dois engenheiros que estagiam na empresa, onde o Engenheiro Mecânico liderou o trabalho de elaboração de um FMEA, ferramenta que a literatura indicou como essencial para empresas que não apresentam dados históricos de falhas, pois se baseia grandemente de conhecimento técnico dos equipamentos.

Sendo assim, este trabalho atuou concomitantemente na construção do FMEA, entretanto fora publicado em outro trabalho, portanto este estudo de caso objetivou a elaboração de um Plano de Manutenção, mas também para preparar a máquina para os procedimentos da manutenção preventiva irá se investigar quais falhas dentre as consideradas de risco alto são prioritárias para análise.

Esta etapa será construída por meio de novas ferramentas de interpretação do FMEA encontradas na literatura. Sendo assim, utilizou-se um Gráfico de Áreas para encontrar dentre os modos de falhas o mais prioritário e para detalhar mais a análise se utilizará de uma Matriz de Investigação para encontrar os modos de falhas e causas para esta falha prioritária. Como forma de reforço às ações de manutenção será aplicado um 5W2H para descrever o que é necessário para evitar esta falha ainda no chão de fábrica.

1.4.2.2. Plano de Manutenção

Esta etapa terá como documento padrão de análise os Manuais do Fabricante, mas também se trabalhará com os modelos de manutenção encontrados na literatura, assim como os já utilizados na empresa. Esta etapa se subdividiu da seguinte maneira:

- a) Rotas de inspeção mecânica: investigará quais são os componentes mais externos da extrusora que necessitam de acompanhamento diário para sua operacionalização e com isso prevenir as causas de falhas de acordo com o FMEA produzido;
- b) Roteiro de Lubrificação: etapa que exige o conhecimento específico deste documento, pois nele será apontado o tipo de lubrificante utilizado, modo de troca e quantidades necessárias;
- c) Manutenção de Trocas de Itens de desgastes: nesta seção o manual sugere componentes que a empresa já deve ter em seu estoque por motivos de vitalidade para a operação da máquina, mas também, aqui precisou de conhecimento empírico dos funcionários da empresa;
- d) Plano Preventivo: etapa crucial ao trabalho, pois exigiu diligenciar os recursos para uma periodicidade anual das atividades de manutenção. Com isso, o manual do fabricante auxiliará na elaboração dos procedimentos operacionais padrão das principais ações preventivas.

1.5. Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo se inicia apontando as considerações iniciais do principal assunto abordado deste trabalho apresentando o tema e problema envolvidos. Por conseguinte, justificou-se a escolha para realização do mesmo e apresentou os objetivos gerais e específicos seguido uma ampla descrição da caracterização metodológica e delineamento da pesquisa, finalizando com este presente tópico.

O segundo capítulo expôs o que o estado da arte apresentou como base para este trabalho, a revisão da literatura realizada abordou os seguintes assuntos: a Manutenção, mostrando seus principais conceitos, histórico, evolução e função estratégica inerente; as estratégias e ferramentas de apoio à gestão da manutenção e os elementos básicos para um planejamento e controle da manutenção.

No terceiro capítulo é descrito todo o processo da pesquisa aplicado neste estudo de caso. É apresentado aqui uma breve caracterização da empresa e seus processos relacionados a área da manutenção e do setor de extrusão. Este capítulo prossegue explicando a origem das informações do FMEA utilizado como apoio a construção do Plano de Manutenção. Finaliza-se este importante capítulo com o Plano de Manutenção ao objeto de estudo deste trabalho.

Por fim, o quarto capítulo trata das conclusões obtidas após a produção deste estudo de caso e apresenta propostas de pesquisas futuras para prosseguimento deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta os principais conceitos e a evolução da Manutenção Industrial, a fim de demonstrar a sua função estratégica aliada com a análise proativa de falhas, o FMEA, nos processos produtivos das organizações. Além disso, é destacado a Qualidade como ferramenta que auxilia no aumento da confiabilidade nas análises e aplicação do Plano de Manutenção Preventiva.

2.1. A Manutenção

2.1.1. Conceitos da manutenção

A Manutenção está intimamente ligada às transformações no cenário industrial. De acordo com Lima e Castilho (2006), desde os primórdios da civilização, os conceitos de manutenção já podiam ser aplicados simplesmente quando se afiavam instrumentos de caça ou substituíam a corda de um arco.

Com isso, Seeley (1993, p.1) *apud* Forster (2009) define a manutenção como "a combinação de todas as ações administrativas técnicas e associadas para reter um item ou restaurá-lo para estado em que pode desempenhar a função necessária".

A Normatização Brasileira com a NBR 5462-1994, diz que a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou restabelecer um ativo em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Assim como a Normatização Portuguesa NP EN 13306:2007 também diz que a manutenção "é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida".

Com estas regulações de caráter mundial, diversos autores se baseiam nestes requisitos para abordarem o assunto. Diante destes conceitos é válido ressaltar que tipos de eventos interrompem a função requerida, ou seja, impedem a ação própria ou natural de um dispositivo ou o que se espera dele. Portanto, de acordo com a NBR 5462, a falha e o defeito são os causadores. A falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida, após a falha o item tem uma pane. Já o defeito é qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos.

A Manutenção vem ganhando novos aspectos estratégicos e os conceitos abordados anteriormente se desdobraram a novas categorias que são analisadas de acordo

com o tipo de manutenção utilizada. Tal conduta será tomada em sessões seguintes para esclarecer quais conceitos são abordados neste trabalho.

Seguindo nos conceitos para a nova abordagem dada na manutenção, a British Standards Institution (BSI) EN-60300:2014, a importante Normatização Inglesa, por meio do documento PAS 55 (2008), atualizou sua definição sobre manutenção inserindo conceitos da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade, no qual são conhecidas pelo trinômio RAM (as iniciais de seus nomes em inglês) e o suporte nas condições de uso e requisitos para manutenção (BERQUÓ, 2014).

A literatura aborda bastante estes termos atualmente, fazendo-se necessário entender tais conceitos para este trabalho. Lad, et. al. (2016) apontam a manutenibilidade como a relativa facilidade e economia de tempo e recursos com os quais a manutenção pode ser realizada. Berquó (2014) diz que manutenibilidade diz respeito a probabilidade de um item ser restaurado a uma condição definida, em um intervalo de tempo determinado de acordo com os procedimentos técnicos logísticos especificados.

Segundo Leemis (1995), a confiabilidade de um item corresponde a sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu objetivo especificado num determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas. De modo complementar, a disponibilidade também se refere a capacidade de um item desempenhar sua função requerida em um determinado instante de tempo ou em um período predeterminado, mediante manutenção adequada (FOGLIATTO, 2009). Para tal a NBR 5462 complementa que a disponibilidade é assegurada quando a manutenibilidade, confiabilidade e o suporte são combinados nas atividades de manutenção.

É também importante elucidar que o tema da manutenção se oficializou com a ISO 55000:2014, que regulamentou internacionalmente este assunto. De acordo com essa norma a gestão de ativos físicos é o conjunto coordenado de atividades utilizadas para garantir que os ativos entreguem resultados e objetivos de forma sustentável. É um processo de gestão que envolve variáveis como os custos, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho, em que, o equilíbrio entre estas mesmas variáveis, podem necessitar de ser considerado ao longo de diferentes períodos de vida de uma organização.

A ISO 55000, define ativo físico como algo que tem valor real ou potencial para a organização. O sistema de gestão de ativos físicos é mais complexo, pois engloba o projeto, construção, instalação, manutenção e operação, até a desativação dos itens de um

sistema. Sendo assim, este trabalho compete apenas às questões da manutenção com as novas abordagens de análises de falhas mais atuais para a área.

Como observado, existem diversas definições para o termo "manutenção", a literatura aponta que existem elementos em comum que convergem para uma identificação geral de conceitos e funcionalidade da manutenção. Sendo assim, "manter" e "restabelecer" equipamentos, máquinas ou sistemas em condições físicas e funcionais de utilização é o objetivo principal.

Entretanto, segundo Kardec e Nascif (2009, p. 23) comentam que a missão da manutenção deve ser "garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados"

Nunes (2001) exalta a importância da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos serem asseguradas para desempenharem a função requerida do equipamento. Portanto, tornam-se fatores primordiais para o desempenho operacional, refletidos diretamente nas atividades de manutenção (NUNES, 2001).

O tópico a seguir mostrará como se deu numa linha do tempo todo esse processo de mudança sobre o assunto Manutenção. Utilizou-se dos conceitos já abordados aqui para poder já deixar mais claro nesta evolução da manutenção.

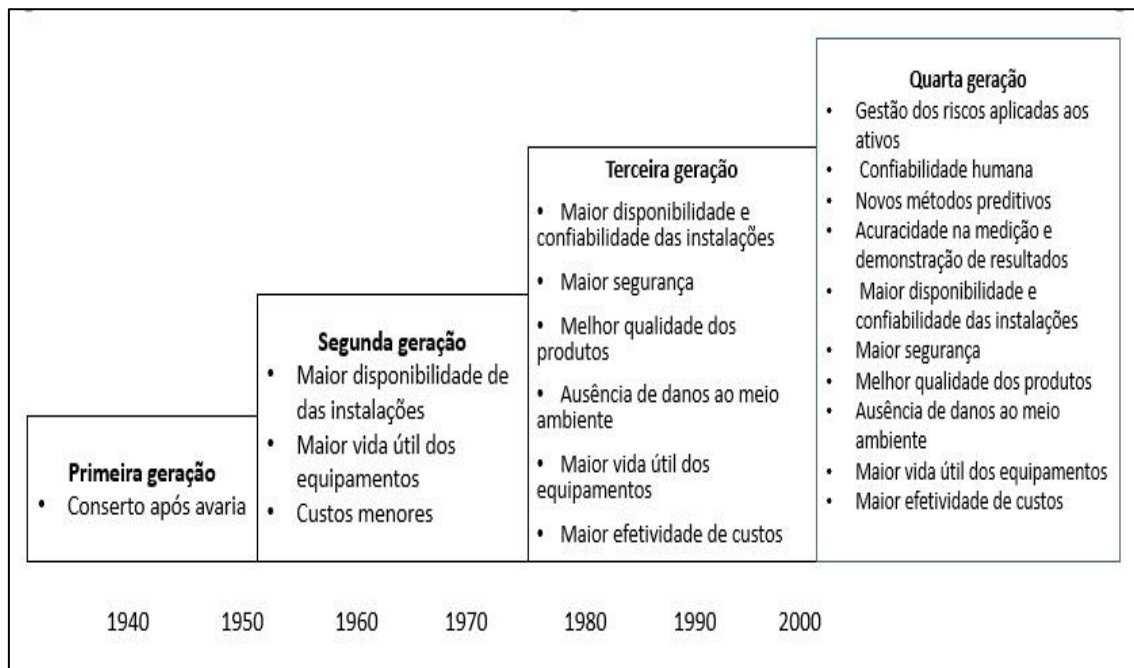
2.1.2. Evolução da Manutenção

De acordo com Tavares (1999), a história da manutenção se constrói conforme o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade. A manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação até 1914. Mas, com o acontecimento da Primeira Guerra Mundial e a implantação da produção em série, instituída por Ford, as empresas sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da manutenção, conhecida hoje como corretiva.

A literatura aponta que a partir desse período as técnicas de manutenção se tornaram alvo de estudos e que muitos autores como Pinto e Xavier (1999); Moubray (2000); Siqueira (2009) dizem que a partir da década de 1930 a história da manutenção se divide em 3 gerações, onde cada uma corresponde a um período tecnológico de produção, resultando em novos conceitos e filosofias para as atividades de manutenção.

A Quarta Geração da manutenção, de acordo com Kardec e Nascif (2009) vem abordando o termo “Manutenção” englobado no sistema de “Gestão de Ativos” e incluem os conceitos de estatística e análise de risco, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1: A evolução da Manutenção



Fonte: Autores adaptado de SQL Brasil (2011)

Para Moubray (2000) *apud* Nunes (2001), a primeira geração (Mecanização) representou a ênfase no conserto após a falha. A segunda geração (Industrialização), por sua vez, esteve associada ao surgimento de maiores exigências com relação à disponibilidade operativa e a vida útil dos equipamentos, a custos menores. Já a terceira geração (Automatização), que se refere aos tempos atuais, diz respeito aos requisitos característicos, como: maior disponibilidade, confiabilidade, segurança e vida útil, com ausência de danos ao meio-ambiente e ações de manutenções eficazes, aliadas aos custos envolvidos.

Para Quintella (2016) a Quarta Geração da manutenção, definida como a geração na qual o objetivo passa a ser evitar ou eliminar a possibilidade de ocorrência de falhas funcionais, e não mais preveni-las ou predizê-las, abrangendo a utilização de ferramentas de auxílio à decisão e análise de riscos. Na quarta geração também se observa uma maior exigência quanto aos aspectos de confiabilidade e manutenibilidade junto aos fabricantes de estruturas, sistemas e componentes, ainda na fase de projeto dos mesmos, através

aplicações como o FMEA. Também a criação de grupos de trabalho multidisciplinares, com o envolvimento de todos os níveis hierárquicos da companhia, para o estabelecimento de metodologias mais eficientes na gestão de ativos.

Na literatura, encontrou-se pouco sobre a Quinta Geração da manutenção, mas tal análise é proposta por Kardec (2006), onde as expectativas em relação à manutenção aumentaram ainda mais para a Gestão de Ativos, a otimização dos ciclos de vida dos ativos e a influência nos resultados do negócio. Quanto às falhas, a gestão dos ativos ajuda na prevenção das falhas desde o projeto do equipamento, portanto as mudanças técnicas de manutenção perpassam pela participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos.

Uma outra perspectiva da evolução dos sistemas de manutenção é representada por Shahrabi (2014), e demonstrou de maneira concisa o assunto por meio de quatro etapas:

- Etapa 1 - Reativa: onde a manutenção é baseada no funcionamento até a falha, havendo reparo e/ou substituição e utilizando poucos dados de informações.
- Etapa 2 – Preventiva: a manutenção é baseada no tempo, onde é planejada por rotinas claras e inspeção, portanto necessita de recolha de dados.
- Etapa 3 – Preditiva: aqui as atividades de manutenção também monitoram a saúde do equipamento, portanto é baseada na condição de acordo com os dados analisados.
- Etapa 4 – Proativa: o gerenciamento dos ativos é baseado em FMEA. A inteligência de desempenho e correção é são conectados projetados para a confiabilidade.

Através da síntese das cinco gerações da manutenção apresentadas, pode-se observar que ao longo das gerações as expectativas em relação à manutenção tornavam-se cada vez mais fortes e exigentes. Antes vista apenas como o conserto após a falha, a função manutenção tem hoje a responsabilidade de manter padrões de qualidade estabelecidos.

2.1.3. Tipos de Manutenção

Classicamente, existem três abordagens para manutenção: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Para SLACK et al. (2002), as atividades de manutenção consistem na combinação dessas abordagens. Esses três tipos de manutenção são hierarquicamente os principais e precursores dos desdobramentos criados para o desenvolvimento de técnicas da manutenção.

É apresentado na literatura também outros tipos de manutenção com importante aplicabilidade nas indústrias, para exemplificar, têm-se a Manutenção Detectiva. Há outros tipos na qual há uma certa divergência entre os autores, se é um tipo de manutenção ou uma ferramenta de gestão, neste trabalho ainda mostraremos as ferramentas que auxiliaram este trabalho que aplicam os tipos de manutenção descritas aqui.

- **Manutenção Corretiva**

Para Carpes Junior (2014), a manutenção corretiva é executada quando o equipamento apresenta falha, ou estado contestado de funcionamento. Este procedimento é capaz de fazer com que um equipamento danificado volte a operar. Se acontecer falha ou quebra de algum componente que a empresa não possui em estoque, a máquina para e a produção ficam comprometidas em relação ao atendimento aos clientes. (CARPES JUNIOR, 2014). Mesmo sendo não planejada, Rache (2004) diz que é um dos processos de manutenção mais utilizados.

De acordo com Monchy (1987), há duas formas de aplicação da manutenção corretiva. A primeira é considerada quando aplicada isoladamente, chamada de manutenção catastrófica ou manutenção bombeiro. A segunda é aplicada como um “complemento residual” da manutenção preventiva, qualquer que seja o nível da preventiva executada, sempre existirá uma parte de falhas que necessitem de ações corretivas. Esse tipo de manutenção corretiva é também denominado manutenção por melhorias.

Kardec (2009) comenta que a Manutenção Corretiva é um conserto que atua numa falha ou em um desempenho não esperado, sendo assim observado em duas condições: desempenho deficitário acompanhado de variáveis operacionais e a ocorrência da falha. Desse modo, este tipo de manutenção corrige ou restaura as condições de funcionamento do equipamento. (KARDEC, 2009).

A manutenção corretiva pode apresentar outras duas variedades: a Manutenção Corretiva Não Planejada e a Manutenção Corretiva Planejada. A primeira é a correção da falha de maneira aleatória, ou seja, emergencial no qual implica altos custos, principalmente por perda de produção e elevar os indiretos de manutenção e, além disso, pode diminuir a vida útil do equipamento se houver paradas frequência. Já a segunda classe é o conserto por funcionamento abaixo do esperado ou correção da falha por decisão gerencial baseado por condições ponderados pela manutenção preditiva, o que é

mais seguro para o pessoal e operacionalmente quanto às implicações da falha. (KARDEC, 2009).

De acordo com Varela (2012), a manutenção corretiva é desempenhada de acordo com cinco passos: localização da falha; reparação da falha ou substituição do elemento com falha; calibração e ajustes e *checkout*. Entretanto, segundo Mattos (2011) por ser uma técnica reativa, o custo em relação à manutenção preventiva pode ser cerca de três vezes mais. Com isso notam-se vários pontos negativos, como altos custos de estoque de peças para reposição; elevado tempo de paralisação da máquina; baixa disponibilidade de produção.

- **Manutenção Preventiva**

Com base em Trojan *et al* (2013), a manutenção preventiva, ao contrário da corretiva, visa evitar a falha do equipamento. Este tipo de manutenção é realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, ainda estejam minimamente em operações. Silva e Andrade (2016) completam que é a manutenção na qual a intervenção é programada em períodos (semanal, quinzenal, mensal, etc.), pois a ideia é identificar a falha antes que ela ocorra.

Lad *et al* (2016), afirmam que todas as ações realizadas para reter um item em uma condição especificada, fornecendo inspeção sistemática, detecção e prevenção de falhas incipientes é a manutenção preventiva. Assim, a manutenção feita antes do acontecimento de falhas e quebras “(...) visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos pré-planejados” (SLACK *et al.*, 2002, p.645).

Essa atuação realizada para reduzir ou evitar falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em intervalos definidos de tempo, Kardec (2009) também acrescenta que a manutenção preventiva tem grande aplicação em instalações ou equipamentos cuja falha pode provocar catástrofes ou riscos ao meio ambiente; sistemas complexos e/ou de operação contínua.

Segundo Siqueira (2009), a manutenção preventiva possibilita a realização da manutenção obedecendo ao cronograma pré-estabelecido pela empresa, com o objetivo de reduzir falhas e custos e queda no desempenho. Sua realização tem como enfoque a

intenção de minimizar a probabilidade de falha de um bem. Para uma boa manutenção preventiva a determinação dos intervalos de tempo é fundamental.

Para Santos (2009) os objetivos da manutenção preventiva são: a) reduzir ao máximo o número de avarias em serviço, aumentando assim a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos; b) aumento considerável da taxa de utilização anual dos sistemas de produção e de distribuição; c) diminuição do número total de intervenções corretivas, diminuindo o custo da manutenção corretiva; d) grande diminuição do número de intervenções corretivas em momentos inoportunos como por exemplo: em períodos noturnos, em fins de semana, durante períodos críticos de produção e distribuição, etc.

Tomé (2011) analisa que pela tendência de ser uma manutenção mais conservadora, em relação ao seu planejamento, os intervalos normalmente são menores que o necessário, podendo implicar em paradas e troca de peças desnecessárias.

- **Manutenção Preditiva**

Sobre a manutenção preditiva, Lucatelli (2002) diz que sua relevância cresceu junto com as transformações na informática e computacionais. Com isso, as outras manutenções acima citadas que dependem de baixa complexidade tecnológica vão perdendo espaço nas grandes indústrias.

De acordo com Xavier (2005), a manutenção preditiva contempla atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando observar a necessidade ou não de intervenção. Essa intervenção resulta do acompanhamento preditivo no qual também é denominada *Condition Based Maintenance* (CBM) ou manutenção baseada na condição. Essa manutenção permite que os equipamentos operem por mais tempo, ou seja, privilegiando a disponibilidade e a intervenção não ocorre por suposições, como ocorre na manutenção preventiva.

Cisneros (2015) também reconhece a manutenção preditiva como aquela baseada na condição da máquina, pois consiste em determinar em todos os momentos a condição mecânica real da máquina durante o seu funcionamento através de um programa sistemático de medições de alguns parâmetros ou sintomas. A manutenção, então, é programada de acordo com a evolução do seu estado mecânico.

Assim, a manutenção preditiva ou monitorada identifica as falhas incipientes, antes delas se tornarem críticas, o que possibilita um planejamento mais preciso (CISNEROS, 2016). Lad, *et al* (2016) comentam que só são realizadas após a coleta e avaliação de dados físicos suficientes sobre o desempenho ou a condição do equipamento, tais como temperatura, vibração, partículas em óleo, etc., executando equipamentos periódicos ou contínuos acompanhamento. Com isso, a equipe de manutenção pode se programar para a intervenção e aquisição de peças (custo da manutenção), reduzindo gastos com estoque e evitando paradas desnecessárias da linha de produção (custo da indisponibilidade) (MARCORIN,2003).

- **Manutenção Detectiva**

O termo que dá nome a esse tipo de manutenção vem da palavra “detectar”, no qual representa a prática em aumentar a confiabilidade dos equipamentos, tendo em vista, a utilização de sistemas de proteção que detectam falhas ocultas e não perceptíveis ao corpo técnico da manutenção e operação (SOUZA, 2008).

Costa (2013) aponta que um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha o gerador não entra. A medida que aumenta a utilização de sistemas automatizados nas operações, mais importante e mais utilizado será, garantindo a confiabilidade dos sistemas (XAVIER, 2005).

A manutenção detectiva ajuda na boa operação dos equipamentos e máquinas e garante a viabilidade em longo prazo. Com máquinas e plantas se tornando cada vez mais complexas, a proporção de tais tarefas no programa de manutenção total é crescente. Portanto, este é o trabalho efetuado em sistemas de proteção, comando e controles buscando detectar falhas ocultas ou não nítidas à equipe de manutenção e operação. Para tal, são necessários computadores digitais em instrumentação e controle de processo na planta industrial, o que fortalece a ideia de não parar a operação para verificar e corrigir o sistema. (KARDEC, 2009).

Atender aos padrões e requisitos advindos de um cenário industrial em constante transformação tornou as atividades de manutenção um agregado de conhecimento pronto a solucionar problemas demandados das operações diárias como analisar e controlar os resultados obtidos pelo desempenho dos equipamentos/sistema fabris de maneira mais estratégica, sendo assim, este assunto será abordado no tópico a seguir.

2.2. Manutenção e sua função Estratégica

As mudanças adquiridas para Manutenção, faz com que Kardec e Nascif (2009) enfatizarem o quanto a gerência moderna deve estar focada em uma visão de futuro e regida por processos de gestão onde o nível de serviço dos clientes seja resultante da qualidade inerente dos seus processos. E no contexto atual da Manutenção, esta existe para que não haja manutenção, lê-se manutenção corretiva não planejada (KARDEC e NASCIF, 2009).

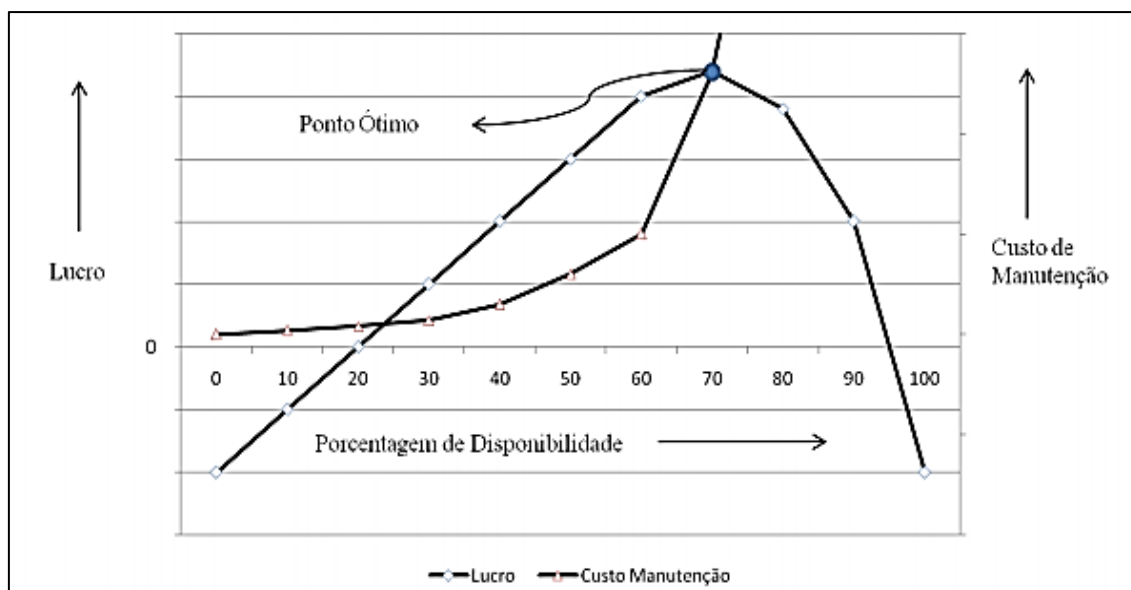
Esta afirmação é muito bem entendida quando passam a enxergar o trabalho mais ostensivo do pessoal da área para evitar falhas e não apenas corrigi-la, para tal a equipe deve ser mais qualificada e munida de conhecimento para o mesmo.

Sendo assim, para ser estratégica, a manutenção precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É interessante também buscar medir indicadores não apenas da eficiência das atividades de manutenção. Kardec e Nascif (2009) apresentam outros fatores que são importantes e que possuem reflexo direto nos resultados como: Disponibilidade e confiabilidade; Redução de demanda de serviços, Faturamento; Otimização de custo; Segurança pessoal e das instalações; Preservação ambiental e Moral e motivação dos colaboradores.

Outro ponto a se analisar é dito por Marcorin (2003), onde ele afirma que os custos de mão de obra, ferramental, peças de reposição, entre outros são visíveis, com isso, o aumento significativo se dá no custo de produção. Ele comenta que o equipamento parado por manutenção, falta de disponibilidade, diminuição da qualidade e reprocessos são custos invisíveis e devem ser também foco da empresa no custo total da fabricação.

Em contrapartida, também é pertinente mostrar que esforços excessivos para uma boa gestão da manutenção podem ser desnecessários. Marques (2012) que pode ocorrer de a empresa reduzir custos operacionais e passar a aumentar os mesmos devido às manutenções preventivas de baixo impacto. De acordo com Murty e Naikan (1995), a obtenção de lucros pelo aumento da disponibilidade é observado até um ponto ótimo, como mostrado na Figura 2 abaixo, a partir disso tais esforços se tornam despesas.

Figura 2 – Disponibilidade x Lucro



Fonte: Murty e Naikan (1995)

Tal análise proposta pelos autores acima é equivalente a um equipamento individual, pois os custos de disponibilidade, ociosidade, manutenção, reposição de peças, entre outros contém sua especificidade inerente.

Kardec e Nascif (2009), elencam uma série de boas práticas de gestão da manutenção em que o objetivo principal é implantar na organização como um tudo, mas será mostrado as que são consideradas norteadoras para este trabalho:

- A gestão deve ser baseada em itens de controle empresariais: disponibilidade, confiabilidade, meio ambiente, custos, qualidade, segurança e outros específicos, com análise crítica periódica;
- Análise crítica e priorização das intervenções com base na disponibilidade, confiabilidade operacional e resultado empresarial;
- Eliminação das falhas, ocorridas e potenciais, através da análise da causa básica, acoplada ao esforço do reparo com qualidade, atuando de forma integrada com a operação e a engenharia na busca das soluções;

- Adoção de programas como Manutenção Produtiva Total (MTP), com base em que o operador é a primeira linha de defesa de monitorar e maximizar a vida dos equipamentos;
- Adoção da ferramenta Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) para sistemas críticos.

Com isso, a manutenção deve ser organizada de tal maneira que o equipamento ou sistema pare de produzir somente de forma planejada. O gerenciamento estratégico da atividade de manutenção consiste em ter a equipe atuando para evitar que ocorram falhas e, não apenas, conter equipe para reparar tais falhas. O tópico a seguir trará ferramentas muito utilizadas pelas indústrias e que foram comentadas nas boas práticas acima.

2.3. Estratégias de Gerenciamento da Manutenção

As estratégias de gerenciamento na manutenção são técnicas criadas a partir dos tipos de manutenção já existentes com o intuito de aplicação no sistema produtivo de maneira mais metodológica. A literatura aponta que a MPT e a MCC são as que mais se destacam.

De acordo com Marocco (2013), o conceito de Manutenção Produtiva fora desenvolvido na década de 1950 pelos norte-americanos no suporte das atividades de manutenção militar. Entretanto, os japoneses se apropriaram dos princípios iniciais da TPM e desdobraram a responsabilidade da manutenção dos equipamentos por todos aqueles que atuam (direta ou indiretamente) nele com o objetivo de obter melhores resultados (NABEIRO, 2015).

Assim, Cabral (2006) diz que a TPM é a manutenção conduzida com a participação de todos, desde os operadores das máquinas e do pessoal da manutenção, até ao nível superior de gestão, passando pelos quadros intermediários.

Sendo assim, Nabeiro (2015) aponta que o objetivo da TPM consiste na melhoria estrutural da empresa em termos materiais e humanos, por meio da eliminação de falhas, defeitos e outras fontes de perdas e desperdícios. Com isto, tem em vista a maximização global da eficiência das máquinas e equipamentos, considerando toda a sua vida útil, com o envolvimento de todos, a todos os níveis.

A TPM está estruturada em uma metodologia representada por oito pilares de sustentação. Segundo Nakajima (1989) são denominados assim:

- Pilar Manutenção Autônoma: consiste nas atividades que os operários de um determinado sistema produtivo realizam para tratar corretamente seu espaço de trabalho;
- Pilar Manutenção Planejada: objetiva o aumento da disponibilidade do equipamento, através da redução do número de avarias. Para isso, é criado um plano de intervenções periódicas de manutenção.
- Pilar Melhorias Específicas: tratar das melhorias que serão implantadas com o objetivo de aumentar a eficiência operacional com a consequente eliminação ou redução das perdas do sistema produtivo.
- Pilar Manutenção da Qualidade: Este pilar está relacionado com a diminuição de defeitos, através da concessão de sistemas à prova de erro (*poka-yoke*) ou sistemas que evitem a sua propagação (*jidoka*) garantindo a qualidade.
- Pilar Educação e Treinamento: propicia de maneira prática o aperfeiçoamento das pessoas para executarem com mais autonomia, ou seja, com proatividade as suas atividades.
- Pilar Prevenção da Manutenção: visa identificar e eliminar as diversas etapas do processo construtivo, tornando a solução mais fácil e barata do que quando em operação;
- Pilar Processos Administrativos: procura fazer uma abordagem aos problemas relacionados com os planejamentos de produção, procedimentos de trabalho, documentação e compras, dos quais se destacam as perdas por falhas de comunicação, de precisão e atrasos ou incumprimentos nas entregas.
- Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente: a eliminação dos acidentes é requisito obrigatório no processo, assim como garantir segurança dos trabalhadores e excelência nos processos ambientais visando a sustentabilidade.

Esta estrutura também é apoiada pela ferramenta da qualidade 5S. Os cinco 5 S's são conhecido como *Seiri* (utilização), *Seiton* (ordenação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Silva (2011) aponta que a ferramenta apresenta os benefícios que são desejados nas atividades dos pilares.

Sendo assim, Campos (1999) aponta que os benefícios são a melhoria na qualidade dos processos, melhoria do ambiente de trabalho, auto-disciplina dos colaboradores, eliminação de desperdícios nos processos, otimização do espaço de trabalho, padronização dos processos, entre outros.

A outra ferramenta importante é a Manutenção Centrada na Confiabilidade na qual é abordada por Neto & Tavares (2015) como a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento a partir de um plano de manutenção gerado através das reais necessidades do equipamento considerando o contexto em que está inserido.

Para Xavier (1999) a MCC é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional. Para isso, o processo analisa o seguinte: a) funções e padrões de desempenho; b) de que forma ele falha; c) o que causa cada falha; d) o que ocorre quando acontece a falha; e) o que pode ser feito para prevenir a falha.

De acordo com Moubray (2000), a desenvolvimento da metodologia da MCC começa utilizando sete perguntas sobre cada item ou revisão sob análise crítica a fim de preservar a função sistema produtivo, listadas a seguir:

I – MCC: as sete questões básicas

1- Quais são as funções e os níveis de desempenho do equipamento no seu contexto operacional atual?

2- Quais são as falhas do equipamento que impedem o mesmo de desempenhar suas funções?

3- O que causa cada falha funcional?

4- O que acontece quando cada falha ocorre?

5- Como acontece cada falha?

6- O que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?

7- O que pode ser feito se nenhuma ação proativa for encontrada?

II – Funções e padrões de desempenho

Em seguida, Moubray (2000) foca nas funções e padrões de desempenho no qual definem-se as funções de cada ativo no contexto operacional junto com os padrões de desempenho desejados. Assim, dividiu-se em duas categorias:

a) Função Primária: são as funções que justificam porque o item foi adquirido. Abrangendo as questões físicas como quantidade, capacidade de transporte e armazenagem, como também a qualidade do produto, velocidade e serviço ao Cliente.

b) Função Secundária: são funções reconhecidas e desejadas para que o item faça além das suas funções principais. Os usuários também têm expectativas nas áreas de segurança, controle, conforto, economia e outras mais.

III – Falhas funcionais

Na continuação, determinam-se as falhas funcionais. Para esclarecer, entende-se falhas como ações que conduzem à paralisação total ou parcial das funções requeridas para os ativos, obrigando à manutenção adotar uma abordagem adequada para a gerência da falha. O processo MCC faz isso em dois níveis: a) identificar que circunstâncias resultam em um estado de falha; b) perguntar que eventos podem levar o ativo a um estado de falha.

Estados de falha são conhecidos como falhas funcionais porque elas ocorrem quando um ativo está incapaz de preencher a função em um padrão de desempenho que é aceitável para o usuário.

De acordo com Leonardo e Júnior (2015), uma falha funcional é definida como a incapacidade de qualquer ativo de cumprir uma função, para um padrão de desempenho que é aceitável pelo usuário. O desempenho desejado do ativo é maior que a sua capacidade, isto é, maior que a capacidade produtiva do ativo. Todas as falhas funcionais que afetam cada função devem ser registradas. As falhas funcionais podem ser classificadas em falhas parciais e totais, falhas limites inferiores e superiores e falhas contexto operacional.

IV – Modos de falha

Este quarto passo, após a identificação de cada falha funcional, identifica todos os eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada estado de falha. Estes eventos são conhecidos como modo de falha.

A maioria das listas de modos de falha incorporam falhas causadas por deterioração ou desgaste normal, devem incluir falhas causadas por erros humanos, falhas de projeto, assim como todas as prováveis causas que possam ser identificadas e tratadas

apropriadamente. É importante a identificação da causa da falha de forma detalhada com a finalidade de se identificar a política mais adequada de seu gerenciamento.

V – Efeitos da falha

Este processo na metodologia MCC implica em listar os efeitos da falha, os quais descrevem o que acontece quando ocorre cada modo de falha. Estas descrições devem incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação da consequência da falha, tais como:

- a) qual a evidência (se existe alguma) de que ocorreu a falha
- b) de que modo (se existe algum) ela é uma ameaça à segurança ou ao meio ambiente
- c) de que modo (se existe algum) ela afeta a produção ou operação
- d) qual o dano físico (se existe algum) é causado pela falha
- e) o que deve ser feito para restaurar a função do sistema após a falha

VI – Consequências de falha

Para Mobray (2000), a classificação dessas consequências é feita em quatro grupos, descritos a seguir:

- Consequências de Falhas Ocultas – As falhas ocultas não têm impacto direto, mas expõem a empresa a falhas múltiplas com consequências sérias, frequentemente catastróficas.
- Consequências sobre Segurança e Meio-Ambiente – Uma falha tem consequência sobre a segurança se ela puder ferir ou matar alguém. Ela tem consequências sobre o meio-ambiente se vier a violar qualquer padrão ambiental, da empresa, regional ou federal.
- Consequências Operacionais: Uma falha tem consequências operacionais se ela afeta a produção (quantidade, qualidade do produto, serviço ao cliente ou custos operacionais, além do custo direto do reparo).
- Consequências não-operacionais: Falhas evidentes que se enquadram nesta categoria não afetam a segurança nem a produção, portanto envolvem apenas o custo direto do reparo.

VII – Técnicas de gerenciamento de falhas

As técnicas de gerenciamento de falhas são divididas em duas categorias:

a) tarefas proativas: são tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer, de modo a prevenir o item de entrar em um estado de falha. Elas abrangem o que é tradicionalmente conhecido como manutenção preditiva e preventiva, embora a MCC use o termo restauração programada, descarte programado e manutenção sob condição.

b) tarefas *default*: são tarefas que tratam o estado de falha e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa proativa efetiva. Ações *default* incluem busca da falha, reprojeto e rodar até falhar.

Com isso, a determinação dos modos, efeitos e consequências da falha, nada mais é do que um método indutivo, estruturado e lógico para identificar e/ou antecipar a(s) causa(s), efeitos e consequências de cada modo de falha de um item do sistema produtivo (LAFRAIA, 2002), esta técnica é conhecida como FMEA. Para a aplicação da técnica FMEA, numa investigação de uma falha funcional de um item, a metodologia utiliza um formulário com várias perguntas. Estas perguntas geram informações que poderão conduzir o gestor do processo a optar por um determinado tipo de ação para eliminar a causa da falha, amenizar o efeito da falha e/ou até amenizar as consequências da falha (LEONARDO E JÚNIOR, 2015).

As metodologias MPT e MCC como instrumento de gerenciamento da manutenção podem ser vistas como complementares, na visão de alguns autores. Segundo Azevedo apud Lucatelli (2002), a MCC possui características de pertinência, pois determina o que deve ser feito e por que deve ser feito, enquanto a MPT tem características de logística determinando como deve ser feito.

A MCC é uma metodologia sistemática, usada para otimizar as estratégias de manutenção planejada, ou seja, a manutenção corretiva e preventiva. Uma das funções principais da manutenção é aumentar a confiabilidade do item físico no qual é aplicado. Conforme Lafraia (2002), essa confiabilidade é quase inteiramente uma função da qualidade do programa ou plano de manutenção. A seguir, será descrito a principal ferramenta usada para auxiliar nas ações da manutenção e no Plano de Manutenção Preventiva.

2.3.1. Ferramentas para o Aumento da Confiabilidade

Como já enunciado neste trabalho a confiabilidade nos equipamentos requer que este corresponda a probabilidade de desempenhar adequadamente o seu objetivo

especificado num determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas. Para tal, manter os níveis de confiabilidade em padrões aceitáveis é necessário se apoiar em algumas ferramentas que esforçam as equipes de produção para tornar isto realidade.

As melhores práticas de manutenção que influenciam no aumento da confiabilidade, segundo Kardec (2009) são as seguintes: Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Análise de Causa-Raiz de Falha (RCFA), Análise de Falhas Ocorridas e Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Esta última já fora explicada no tópico anterior e, portanto, agora será mostrado como as outras ferramentas funcionam.

É percebido apenas pelos nomes dados para tais ferramentas que estas trabalham a fim de analisar as falhas. As diferenças delas estão no tempo de ocorrência das falhas, ou seja, O FMEA e a RCFA trabalham antes que as falhas aconteçam, principalmente o FMEA, já a Análise de Falhas Ocorridas é uma potencialização dessas duas ferramentas utilizando ferramentas de melhoria da Qualidade, como o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP).

2.3.1.1. FMEA

O FMEA “é uma técnica sistematizada a qual identifica e classifica os modos potenciais de falha de um projeto ou processo de manufatura para priorizar ações de melhoria” (ZAMBRANO, 2007). Esta sigla vem do inglês (*Failure Modes and Effect Analysis*), pois surgiu na indústria militar norte-americana com intuito de encontrar falhas nos equipamentos militares de alto risco. Mais tarde foi aderida pela NASA, na década de 1960, no qual foi potencializada e tornou-se uma ferramenta utilizada por outros diversos setores, principalmente o automobilístico, tornando-se importante critério de utilização pela ISO 9000 nos programas de Qualidade.

Teoh & Case (2004) comentam que esta ferramenta identifica os potenciais modos de falha de um produto ou de um processo, os efeitos das falhas, e avalia a criticidade desses efeitos sobre a funcionalidade do produto, fornecendo também informações básicas sobre a previsão da fiabilidade e sobre projetos de produtos ou processos. Portanto, é um processo formal que utiliza especialistas dedicados a analisar as falhas e solucioná-los (KARDEC, 2009).

A literatura indica três tipos de FMEA: o de projeto/produto, processo e sistema. O FMEA de projeto realiza a análise do produto antes de ser enviado para a produção, ou

seja, ainda no projeto de construção e/ou concepção, analisando toda a sua vida útil (PEDROSA, 2014). Já o FMEA de processo, Kardec (2009) comenta que este é focado em como o equipamento é mantido e operado. Pedrosa (2014) reforça que este analisa potenciais modos de falha que tenham como origem deficiências do processo de montagem e excessivas variações no processo de fabricação. Por isso, está ligada à capacidade do processo em cumprir os seus objetivos, para atingir a conformidade do produto. Assim, o FMEA de Processo define as necessidades de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de fabricação e montagem. O terceiro tipo exige da ferramenta a análise para um gargalo num processo global num sistema produtivo, como uma linha de produção (KARDEC, 2009).

Para a área da Manutenção o FMEA de processo é o mais ideal, no qual demanda o envolvimento de uma equipe multidisciplinar, composta por engenheiros e técnicos da manutenção e operação, o que será essencial para o resultado do FMEA, pois terá uma eficiência maior produtividade, além da eficiência no aspecto de custos (KARDEC, 2009).

A aplicação da ferramenta é realizada, conforme Puente et al. (2002), basicamente em dois estágios. Durante o primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto ou processo e seus efeitos prejudiciais são identificados. Durante o segundo estágio, a equipe do FMEA determina o nível crítico (pontuação de risco) destas falhas e as colocam em ordem. A falha mais crítica será a primeira do ranking, e será considerada prioritária para a aplicação de ações de melhoria.

Tal nível de risco é determinado de acordo com três aspectos: Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D) e avaliado pelo Número de Prioridade de Risco (NPR). A análise é feita da seguinte forma: a ocorrência define a frequência da falha, enquanto a severidade corresponde à gravidade do efeito da falha. A detecção é a habilidade para detectar a falha antes que ela atinja o cliente. Para se avaliar a criticidade das causas de uma possível falha, é utilizado o RPN, sendo composto do produto dos três fatores do FMEA: D, O e S. Tendo obtido o RPN, as causas das falhas são ranqueadas, direcionando a atuação do gestor (PEDROSA, 2009).

Este método utiliza os conceitos de causa, efeito, falha e modo de falha da metodologia da MCC descritos no tópico anterior, e o próprio FMEA é construído como

ferramenta de auxílio à mesma. Então, para medir esta análise é criado, de acordo com a especificidade de cada empresa, os pesos das parcelas que irão compor o NPR, sendo demonstrada no quadro a seguir:

Quadro 1: Distribuição dos pesos no FMEA

Componente do NPR	Classificação	Peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA (O)	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
SEVERIDADE DA FALHA (S)	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE (D)	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO (NPR): (O)x(S)x(D)	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito Alto	200 a 1.000

Fonte: Kardec (2009)

Toda essa metodologia é acompanhada por um formulário para registrar os dados encontrados e acompanhar a análise do FMEA, também podendo ser adaptado ao modo de trabalho da equipe do FMEA.

Portanto, de acordo com Palady (1997), o FMEA é uma ferramenta de prevenção de problemas sendo uma abordagem eficiente para coordenação e atualização de novos avanços ou incorporação de revisões e, o diário do projeto, processo ou sistema. Com isso, Kardec (2009) comenta que para a Manutenção, sua aplicabilidade mais vantajosa está na análise de falhas já ocorridas, ainda mais por que a equipe irá interpretar a leitura dos resultados do FMEA e acompanhá-los por meio de ações necessárias para controle das falhas.

Diante disto, faz-se necessário elucidar no tópico a seguir como interpretar o FMEA de maneira correta e mais proativa, para então chegar em ações e soluções que aloquem esforços e recursos mais adequados nas ações de controle.

2.3. Interpretando o FMEA

A interpretação tradicional do FMEA é feita a partir do resultado do produto dos índices de ocorrência, severidade e detecção no qual cada modo de falha encontra um número prioritário de risco. Esta leitura, por diversos autores é criticada pois a média de três índices pode levar a interpretações erradas. Palady *apud* Garrafa (2004) diz que as empresas, ao acrescentar qualificadores à interpretação do FMEA, selecionará dentre os NPR de grau alto os que contém um grau de severidade e ocorrência de grau alto ou maior, isto gera sustentação ao uso de uma nova abordagem à interpretação do FMEA, a qual ele denominou de abordagem por Gráficos de Área e que uma abordagem gráfica usa os graus de severidade e os índices de ocorrência para interpretar e selecionar os modos de falha mais importantes.

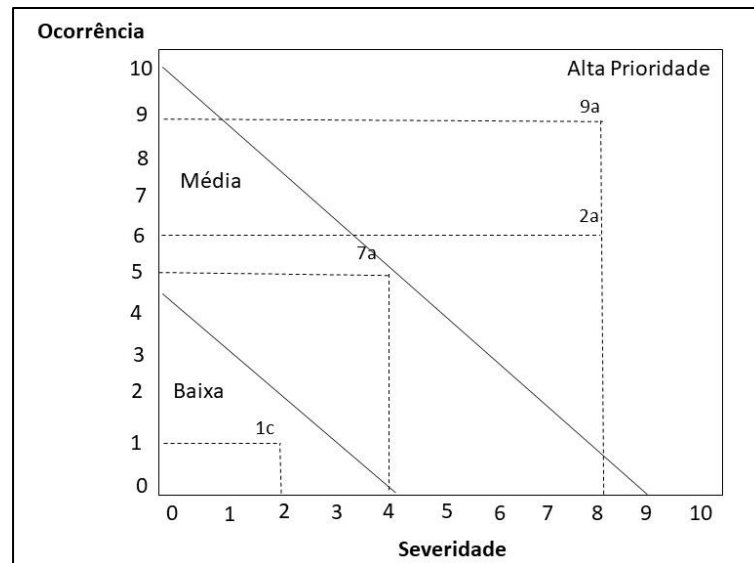
Isto se faz importante, pois antes de uma organização alocar recursos para melhorar a detecção, todas as oportunidades de redução de ocorrência e minimização dos efeitos dos modos de falha devem ser investigadas. Os autores também comentam que um tratamento considerando os graus de severidade e os índices de detecção estabelece uma interpretação proativa, ao passo que a abordagem da NPR, apesar de utilizar também a proatividade, ao considerar a detecção efetua uma abordagem reativa, uma vez que esta, só é assinalada após operação realizada, portanto, em desconformidade com o princípio das ações preventivas que rege o FMEA.

Palady (1997) introduziu esta abordagem de interpretação construindo o gráfico atribuindo a Escala de Severidade ao eixo horizontal e a Escala de Ocorrência ao eixo vertical. O índice de ocorrência dos modos de falha e o grau de severidade dos efeitos resultantes dos modos de falhas servem como coordenadas traçadas neste gráfico. O autor também sinaliza que esta construção obedece a estruturação utilizada pela equipe do FMEA, ou seja, as políticas adotadas para definir os graus de cada índice que também obedecem uma política, no caso a da organização

Desta forma, após preparado o gráfico, os modos de falhas recebem um número e os efeitos correspondentes recebem letras, dando a cada combinação “modo de falha/efeito” um código alfanumérico único. Cada código então é traçado e recai em uma

área do gráfico que objetiva identificar quais os modos de falhas como prioridade “Alta”, “Média” ou “Baixa”, assim como demonstrado na figura 3 abaixo.

Figura 3: Exemplo de Gráfico de Áreas



Fonte: Adaptado de Palady (1997)

Seguindo a interpretação proativa do FMEA, Palady (1997) também sugere que após o Gráfico de Áreas para identificar as prioridades, é indicado utilizar uma Matriz de Investigação para extrair as Causas-Chave Comuns de falha, com o objetivo de relacionar as preocupações de alta prioridade às suas causas e assim liga-los com os modos de falhas correspondentes. Essa abordagem é exemplificada no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Modelo de Matriz de Investigação

CAUSA COMUM	MODO DE FALHA/EFEITO				
	1A	1B	1D	2C	etc.
CAUSA X	X				
CAUSA Y	X	X	X		
CAUSA W			X		
CAUSA Z				X	

Fonte: Adaptado de Palady (1997)

Essa análise é feita listando as causas verticalmente; os modos de falhas horizontalmente, e marcando em cada célula onde uma causa foi identificada como fator contribuinte para o modo de falha. As linhas com mais frequência de marcações são designadas como “Causas-Chave Comum”. Essa técnica serve como modelo econômico

para o planejamento da equipe do FMEA e/ou da Manutenção (PALADY, 1997). A correção das Causas-Chave Comuns tem a possibilidade de fornecer o caminho mais rápido e eficaz em termos de custo em direção à resolução da maioria das preocupações de alta prioridade identificadas no Gráfico de Áreas do FMEA.

Com isso, como estratégia de melhoria, após identificar as preocupações, a estratégia do FMEA é primeiramente, tentar eliminar o modo de falha; em seguida, minimizar severidade da falha; depois, reduzir a ocorrência do modo de falha e; assim, melhorar a detecção (PALADY, 1997).

Os conceitos utilizados acima fornecem de forma simples a utilização de abordagens do FMEA que priorizem os modos de falhas para planejar de maneira otimizada as ações corretivas de tais falhas, antes que ocorram, e além disso, dentro das limitações de qualquer empresa, principalmente em tempo, custo e recursos humanos.

Completando a afirmação acima, Teles (2017) afirma que o FMEA é uma das ferramentas usadas para construção e elaboração de um bom plano de manutenção. Por conta de o método identificar a possibilidade de ocorrência de uma falha, seu nível de severidade e detecção, claramente, há a oportunidade de traçar uma série de atividades de caráter preventivo que podem ser realizadas antes que essas falhas ocorram de fato. O tópico a seguir, mostrará o que a literatura sugere que contenham os planos de manutenções.

2.4. Planejamento e Controle da Manutenção

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é uma técnica de manutenção que é grandemente utilizada em países desenvolvidos, principalmente na Europa e nos EUA. No Brasil, a técnica em questão vem sendo aplicada em algumas empresas desde a década de 90, com o objetivo principal de garantir, através da manutenção, a disponibilidade dos equipamentos (SOUZA, 2008).

De acordo com Branco Filho (2008), quando a empresa decide implementar no seu gerenciamento de manutenção as práticas do PCM deve-se efetuar as seguintes tarefas:

a) Definir e manter os indicadores de desempenho com os respectivos requisitos de referência, atualizar a documentação técnica dos equipamentos e máquinas e formar a relação de sobressalentes;

- b) Fazer atualização dos planos de manutenção;
- c) Revisar o cadastro de ordens de serviço sistemáticas relacionadas aos planos de manutenção dos equipamentos e máquinas e respectivas periodicidades;
- d) Manter o sistema em regime de normalidade operacional com objetivo de preparar e conscientizar os colaboradores envolvidos com as atividades de manutenção, para apontamentos e registros das tarefas executadas, incluindo também, o registro das horas de equipamentos e máquinas paradas e causas das avarias;
- e) Fiscalizar os planos de manutenções sistemáticas e não sistemáticas oriundas de inspeções ou *check-list*, com todos os informativos necessários para as áreas solicitantes da organização;
- f) Verificar a organização do almoxarifado, bem como preparar os materiais sobressalentes e o ferramental necessário à execução dos serviços;
- g) Fazer criteriosa análise dos serviços planejados, das programações e *back-log*;
- h) Fazer a equalização da mão-de-obra e estabelecer novas periodicidades para os serviços, em função das verificações e análises de causas e desvios de planejamento;
- i) Criar histórico técnico estruturado dos equipamentos, máquinas e instalações, com registros de ocorrências planejadas e imprevistas;
- j) Organizar e analisar dentro de uma periodicidade adequada os relatórios gerenciais de manutenção;
- k) Proporcionar a orientação dos gerentes e chefes para obtenção de melhores resultados correlacionados à disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos, máquinas e das equipes de manutenção;
- l) Fazer acompanhamento e prestar suporte a instalação de novas versões de softwares de gerenciamento e manter as rotinas de integração com os outros sistemas;
- m) Realizar reuniões de conscientização com a participação dos colaboradores para a organização da manutenção e o total comprometimento com os resultados, para os níveis: estratégicos, gerencial, tático e operacional.

Para Rosa (2006) o PCM basicamente aponta para a empresa três ações para a gestão: determinação de um plano de manutenção preventiva estendido ao longo do ano

e com atividades semanais; suporte aos pedidos de modificação e melhoria dos equipamentos; e estipular meios de assistência às paradas e serviços de emergência.

Como forma de exercício diário, Viana (2009) diz que o PCM exige organização, começando de forma simples, mas essencial, para então desenvolver avanços assimiláveis na gestão existente. Desta forma, o próximo tópico buscará explanar o que este trabalho usará para elaborar o plano de manutenção preventivo para a extrusora em estudo, como mostrado aqui nesta seção, o plano é apenas uma parte de um todo que representa o PCM, mas de importância muito para as práticas da manutenção atuais

2.5. Plano de Manutenção

De acordo com Viana (2009) os Planos de Manutenção são os conjuntos de informações que indicam à equipe de produção (operação e manutenção) as atividades padrão da manutenção. Tais ações representarão na prática a estratégia de manutenção assumida pela empresa, sendo primordiais para com a forma que serão desempenhadas pelo mantenedor do plano, atentando a disposição no tempo e espaço e a qualidade das intruções (VIANA, 2009).

Para Xenos (1998), um plano de manutenção consiste em classificar os equipamentos quanto a sua importância dentro do sistema de produção para, então, definir a forma e frequência de manutenção para cada aparelho, sendo a execução da manutenção baseada em inspeções periódicas e, se necessário, reformas ou trocas de peças de equipamentos. Tornando-se necessário verificar a eficácia do plano de manutenção através de itens de controle e tomar decisões corretivas se necessário.

Para Leite (2009), na elaboração de um plano de manutenção deve-se conter cinco ações de manutenção: a inspeção, a limpeza, proatividade, a correção e a substituição. A definição da estruturação a utilizar no plano dependerá da qualidade das informações disponíveis e as políticas adotadas na empresa. Desse modo, Leite (2009) sugere os seguintes pontos que não podem faltar no plano: Determinação da vida útil de cada elemento construtivo, definição dos níveis de qualidade mínima, definição de anormalidades relevantes, causas possíveis e mecanismos de degradação, prevenção e definição de falhas, definição do sistema de operação de manutenção, estabelecimento de rotinas de inspeção, definição de estratégias de atuação, análise de registros históricos para comparação, registro de custos de operações, de intervenções e de gestão de informação e, por fim, recomendações técnicas de produtos e soluções.

Dessa forma, Viana (2009) também categoriza o Plano de Manutenção para dar uma maior eficiência às ações de detecção de falhas e defeitos, antecipação de ações mantenedoras antes da quebra e, conseqüentemente, garantir a alocação de todos os recursos necessários para execução dos serviços.

Sendo assim, o autor distribui em cinco categorias: a) Planos de inspeção visuais; b) Roteiros de Lubrificação; c) Monitoramento de características dos equipamentos; d) Manutenção de troca de itens de desgaste e f) Plano de intervenção preventiva. Diante disso, serão elucidados cada categoria pertencente ao plano de manutenção, no qual serão utilizados para este estudo de caso.

2.5.1. Planos de Inspeção Visual

De acordo com Viana (2009) esta primeira etapa representa a ação mais simples da manutenção, mas ao mesmo tempo é imprescindível. As inspeções visuais rotineiras dos equipamentos objetivam detectar de maneira direta, por meio dos cinco sentidos do colaborador, falhas em equipamentos de fácil resolução no estágio de gravidade em que se encontra. Na prática, investigam-se certas características dos equipamentos tais como: ruído, temperatura, condições de conservação, vibração, etc. O autor sugere modelo de inspeção de rota mecânica representado pelo Quadro 3.

A probabilidade que uma planta industrial não adote tal procedimento é muito baixa, isso por que a realização possui um baixo custo operacional e é considerada simples. Tais características a tornam mais acessíveis, mas requerem técnica apurada, obediência a requisitos básicos que devem ser conhecidos e corretamente aplicados. Por exemplo, para saber inspecionar componentes elétricos deve-se conhecer: caixas de transformação, transformadores, tanques de refrigeração (JÚNIOR, 2012).

Segundo Viana (2009) é importante ressaltar que se deve respeitar a natureza da inspeção: elétrica ou mecânica e proporcionar um tempo ótimo de rota sem ultrapassar um período de uma hora e meia e verificar os aspectos mais importantes do equipamento e utilizando principalmente os cinco sentidos do operador.

Nesse sentido, de acordo com Comitti (2012) a Inspeção Visual é um procedimento que ajuda a detectar rapidamente os pontos críticos e/ou problemáticos de uma instalação ou sistema. O seu principal objetivo é verificar se os componentes e equipamentos de sua planta estão: em conformidade com as Normas aplicáveis; corretamente selecionados e instalados de acordo com as Normas aplicáveis e; não

danificados visivelmente, de modo a restringir seu funcionamento adequado e sua segurança.

Com isso, vê-se o quão é importante esta etapa básica para o plano de manutenção, onde tal execução já pode disponibilizar importantes informações para a equipe responsável pela manutenção contribuindo, também, na não assimilação de custos indevidos na manutenção (COMITTI, 2012). Prosseguirá, no tópico a seguir, a construção para compor um roteiro de lubrificação.

Quadro 3: Modelo de Rota de Inspeção Mecânica

PCM

ÁREA: ENVASAMENTO

ROTA:

Cervejaria Alfa

SISTEMA: ENCHEDORA

FREQ.: SEMANAL

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

DATA: / /

ITENS DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA												
Equipamento	TAG	Fixação	Temperatura	Ruído	Vibração	Limpeza	Vedação	Condições Gerais de Integridade	Condutores Elétricos	Iluminação	Lubrificação	
ESTRUTURA DA ENCHEDORA	ECH-009-001-001											
MOTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-002											
REDUTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-003											
BOMBA DE VÁCUO	ECH-009-001-004											
VÁLVULAS DE ENCHIMENTO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-005											
MACACOS DE ELEVAÇÃO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-006											
HDE	ECH-009-001-007											
PAINEL DE CONTROLE	ECH-009-001-008											
INSTRUMENTAÇÃO	ECH-009-001-009											
LEGENDA:	P - EQUIPAMENTO PARADO			OK - SITUAÇÃO CONFORME (SEM PROBLEMAS)								
	N - SITUAÇÃO NÃO CONFORME (PROBLEMÁTICA)											

EXECUTANTE: _____
VISTO MATRÍCULA

GT DA ÁREA: _____
VISTO MATRÍCULA

Fonte: Viana (2002)

2.5.2. Roteiros de Lubrificação

A lubrificação no contexto industrial denota uma importância indispensável, devido a necessidade para conservar os elementos mecânicos e, conseqüentemente, o maquinário como um todo (VIANA, 2009). Cyrino (2015) comenta que, as máquinas e equipamentos possuem um grande número de componentes e elementos com superfícies em movimento constante ou intermitente e variáveis níveis de velocidade e em todo esse movimento está presente o atrito, que gera aquecimento e desgaste. Como forma de proteção e para mitigar esses efeitos é que existe a lubrificação.

Viana (2009) diz que a lubrificação objetiva em reduzir este atrito entre as superfícies ajustadas entre si, a fim de ocorrer o mínimo atrito interno possível, para então evitar desgastes futuros e temperaturas indesejáveis de trabalho, através da aplicação direta do lubrificante entre superfícies como: engrenagens, mancais, cilindros, superfícies planas deslizantes, etc.

É necessário obter as seguintes informações para planejar um bom roteiro de lubrificação, de acordo com Viana (2009): a) distinguir onde se aplicará o óleo lubrificante, e onde será aplicado a graxa lubrificante (há uma diferença nos dois processos que necessitam de atenção por parte da equipe de manutenção); b) subdividir estes grupos de acordo com o tipo mais adequado de óleo ou graxa, a ser aplicado, e a periodicidade da ação lubrificante; c) definir os métodos de aplicação do lubrificante (por exemplo: lubrificação fluida, por camada limítrofe, etc.).

Segundo Rios (2009), também é importante atentar às seguintes considerações para uma correta lubrificação industrial:

- o componente só recebe a lubrificação quando: a especificação de origem (fabricante) do lubrificante estiver correta; a qualidade do lubrificante for controlada; não houver erros de aplicação; o produto em uso for adequado; o sistema de manuseio, armazenagem e estocagem estiverem corretos.
- quanto à quantidade adequada, só será alcançado se: o responsável pela lubrificação estiver habilitado e capacitado; os sistemas centralizados estiverem corretamente projetados, mantidos e regulados; os procedimentos de execução forem elaborados, implantados e obedecidos; houver uma inspeção regular e permanente nos reservatórios.
- o “momento exato” será atingido quando: houver um programa para execução dos serviços de lubrificação, os períodos previstos estiverem corretos; as recomendações

do fabricante estiverem certas; os sistemas centralizados estiverem corretamente regulados.

Vale ressaltar que tais detalhes são aspectos mais operacionais e devem fazer parte do treinamento dos mecânicos e técnicos para não haver o risco de ações incorretas na troca.

Deste modo, Viana (2009) mostra como pode ser disposto um roteiro de lubrificação indicando as principais informações necessárias para integrar o documento. Tal exemplo é mostrado no quadro 4 adiante.

Quadro 4: Modelo de Roteiro de Lubrificação

DATA DA MANUTENÇÃO:			PÁGINA 1
TIPO DE MANUTENÇÃO:			
CENTRO DE CUSTO:			
EQUIPE RESPONSÁVEL:			
ROTEIRO DE LUBRIFICAÇÃO:			
TAG: EQUIPAMENTO			
ORDEM MANUTENÇÃO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO:
PTOS			
670.003	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
4			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1.0	KG
TAG: EQUIPAMENTO			
ORDEM MANUTENÇÃO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO:
PTOS			
670.003	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
5			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1.0	KG

Fonte: Viana (2002)

2.5.3. Monitoramento de características do equipamento

De acordo com Butarelli (2011), a proposta deste plano é monitorar as características do equipamento de forma a acompanhar seus “sintomas”, e prever uma falha iminente. Tal descrição caracteriza o que rege a Manutenção Preditiva.

Júnior (2012) também comenta que isto pode estar junto com as inspeções visuais, mas com utilizando a tecnologia para favorecer essa atividade, tal qual é chamada de inspeção remota, verificando alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial e na observação de descontinuidades superficiais visuais em materiais e produtos em geral, tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidades, porosidade,

montagem de sistemas mecânicos e muitos outros. No quadro 5 abaixo, pode-se verificar como se escolhem os materiais necessários para um monitoramento objetivo de equipamentos rotativos, o que também pode auxiliar na inspeção visual mostrada no tópico 5.1.

Quadro 5: Técnicas preditivas para máquina rotativas

MECÂNICA - EQUIPAMENTOS ROTATIVOS		
Bombas centrífugas e Rotativas, Motores elétricos e Geradores, Compressores, Ventiladores, Redutores e Multiplicadores, Turbinas a Vapor, Turbinas a Gás		
CONDIÇÃO	ANÁLISE	INSTRUMENTO
<i>Lubrificação</i> Qualidade do óleo	<ul style="list-style-type: none"> Análise espectrográfica Ferrografia Viscosidade Cromatografia Gasosa 	<ul style="list-style-type: none"> Espectógrafo Espectômetro de absorção atômica Cromatógrafo gasoso Ferrógrafo de leitura direta Viscosímetro
<i>Forças</i> Vibração Deformação Tensão Ruído	<ul style="list-style-type: none"> Análise de vibração Verificação do balanceamento Verificação do alinhamento dos eixos Verificação do Ruído Tensão de linhas 	<ul style="list-style-type: none"> Medidor, coletor e analisador de vibração Analisador de tempo real Lâmpada estroboscópica Alinhador mecânico Alinhador a laser <i>Shuck pulse meter</i> Estetoscópio Dinamômetro Células de carga Verificador de tensão de correia Balancedora
<i>Calor</i> Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura de mancais Temperatura de carcaças 	<ul style="list-style-type: none"> Termômetro de contato Fitas indicadoras de temperatura Lápis ou giz indicador de temperatura Termômetros infravermelhos Termógrafos

Fonte: Kardec (2009)

Sendo assim, a realização deste tipo de manutenção é necessária a aquisição de equipamentos modernos e que sejam capazes de monitorar características técnicas dos equipamentos (BUTARELLI, 2011). De acordo com Viana (2009), são quatro técnicas preditivas mais utilizadas: ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia.

2.5.4. Manutenção de troca de itens de desgaste

É sabido que todo ativo sofre desgaste e, portanto, entrará em desuso, mas na indústria o mais coerente e estender ao máximo este fim, ou seja, prolongar a vida útil do equipamento. Mesmo assim, peças ou componentes sofrem desgaste natural e esse é inevitável.

Esta etapa no plano de manutenção objetiva em fornecer informações sobre quais itens devem ser trocados periodicamente, determinar a periodicidade de troca a partir da vida útil de cada um e de posse destes dados elaborar os planos de manutenção para cada equipamento (VIANA, 2009).

2.5.5. Plano Preventivo

Um plano de manutenção preventivo consiste em um conjunto de atividades (tarefas), regularmente executadas com o objetivo de manter o equipamento em seu melhor estado operacional (VIANA, 2009). Teles (2016) também comenta que o plano de manutenção preventiva é uma peça fundamental para uma boa gestão do setor de manutenção e é um dos responsáveis por alavancar os índices de disponibilidade e confiabilidade dos ativos.

O documento (ou série de documentos) registrará todas as atividades de manutenção preventiva, bem como a sua frequência, periodicidade, localização do equipamento, materiais e peças que deverão ser utilizados e quem são os profissionais responsáveis pela execução das atividades (TELES, 2016).

Sendo assim, de acordo com Viana (2009) este plano primeiramente deve se atentar ao conteúdo e forma de aplicação, para conseguir gerar Ordens de Manutenção de modo automático, a fim de não passar sem registros atividades importantes para preservação do item. Diante disto, o autor também indica fazer um estudo para identificar possíveis falhas futuras, que serão solucionadas pelo plano, no qual oferecerá informações mais detalhadas para os procedimentos padrões. Deste modo, todas estas informações estarão na OM gerada pelo plano.

3. ESTUDO DE CASO

O presente capítulo identifica os fatores característicos referentes à empresa em estudo e o processo da máquina em que foi realizada a análise de falhas – o FMEA, tais descrições definiram as melhores tomadas de decisão para compor o Plano de Manutenção Preventiva, assim como os planos de ações emergenciais e os procedimentos operacionais padrão.

3.1. Caracterização da empresa

A empresa objeto de estudo atua no setor das embalagens plásticas flexíveis, há cerca de 20 anos. A entrada dela no ramo surgiu de uma necessidade de verticalização para suprir outra atividade realizada por ela: a produção de papel. As demandas no mercado da região metropolitana de Belém do Pará, na qual a indústria atua, cresceram. A oportunidade de desenvolver a produção de uma linha de produtos na área de alimentícios coextrudados, higiene e limpeza, sacolas de supermercados e sacolas diferenciadas consolidou-se e a empresa hoje conta com clientes fixos e sazonais.

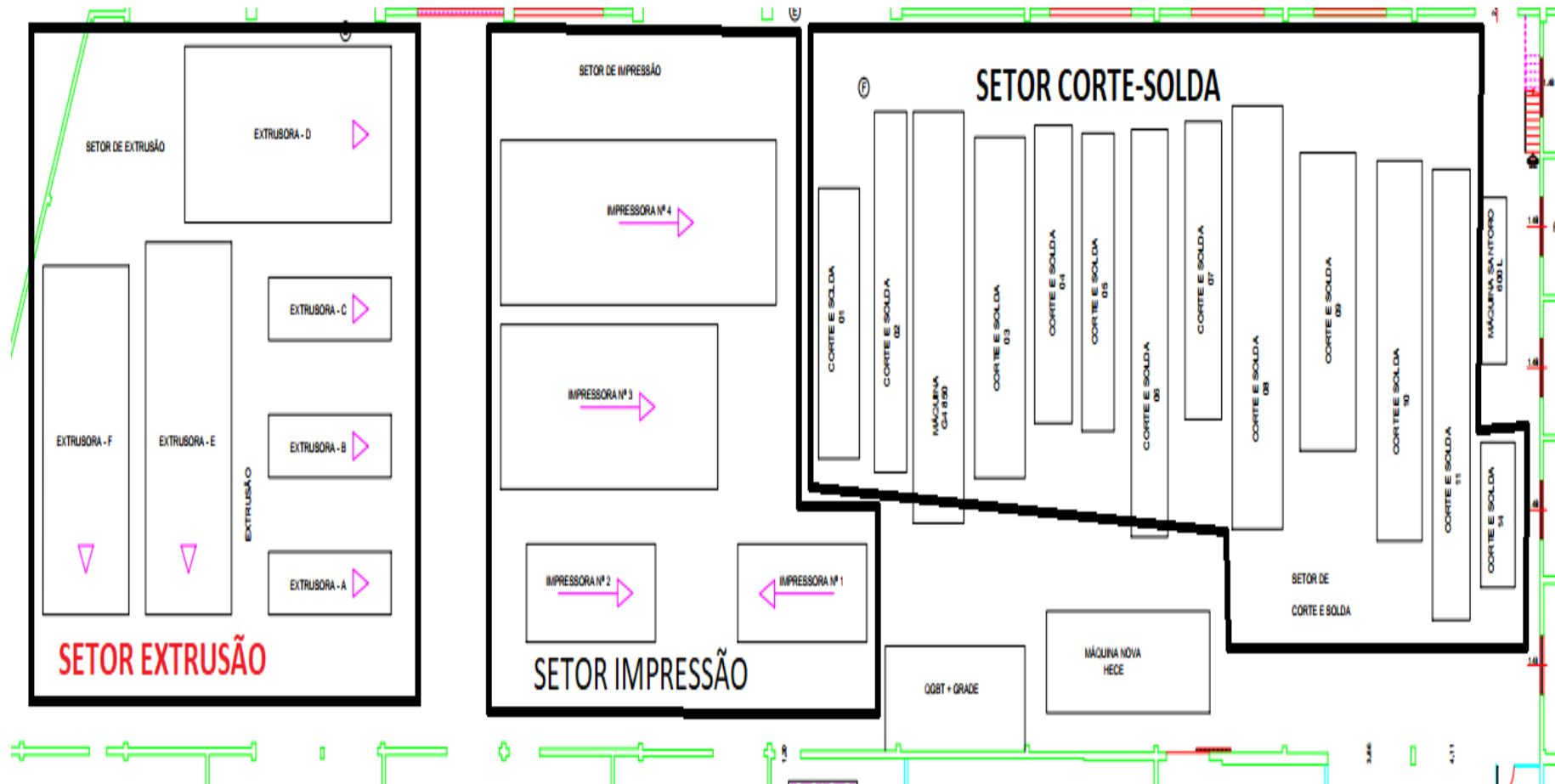
Analisando a empresa, identificou-se que está se beneficia de uma economia de escopo, com a utilização de uma mesma matéria prima e parte da linha de produção se mantendo única até ponto os produtos se diferenciam, conforme especificações do cliente.

Na sua totalidade, o processo produtivo atravessa diversos setores: extrusão, impressão, rebobinadeira, corte-solda e expedição. Cada setor tem uma máquina responsável na transformação plástica de acordo com o pedido do cliente. Tais processos operam no processo de uma jornada de trabalho de oito horas, havendo regime de três turnos quando há altas demandas, principalmente final de ano.

3.2. O processo de extrusão e procedimentos atuais para manutenção

A planta fabril da empresa que corresponde ao processo de transformação do plástico apresenta diversos setores para o tratamento da matéria-prima e de acordo com os pedidos dos clientes são executadas. Os setores são delimitados de acordo com a função do conjunto de equipamentos correspondentes de sua operação como demonstrados na Figura 4 a seguir.

Figura 4: Planta baixa da empresa setor de transformação plástica



Fonte: Autores (2017)

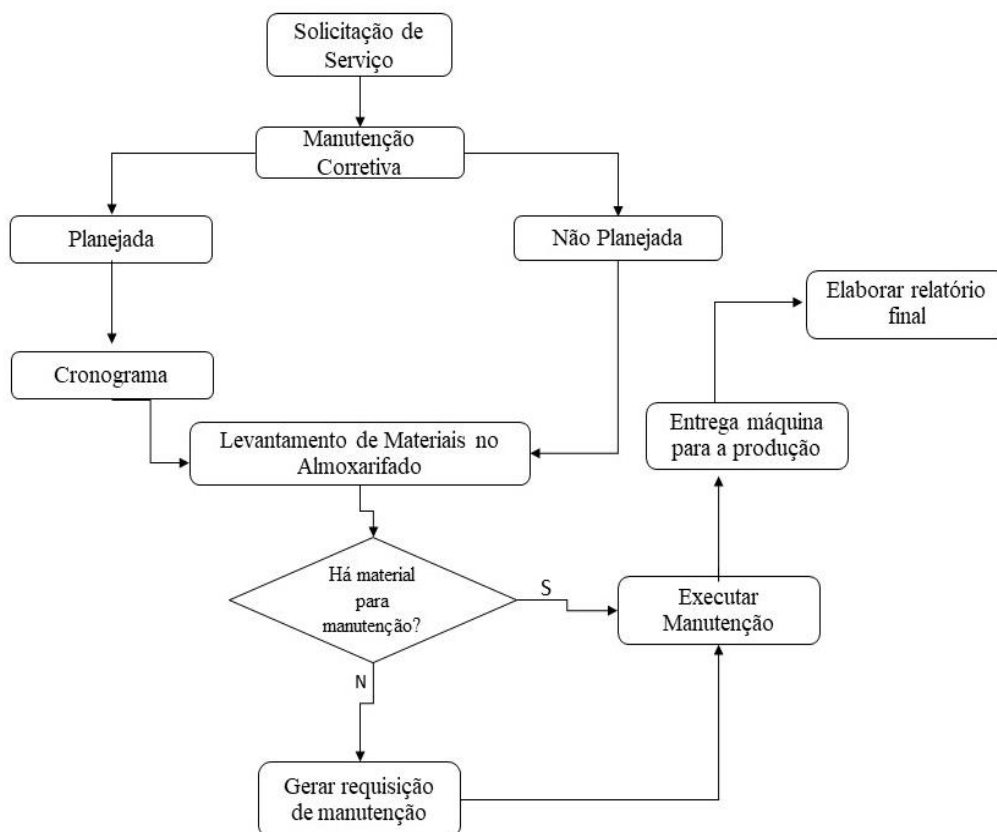
O arranjo do maquinário na fábrica se deu conforme a ordem de aquisição e conveniência de espaço. Quando um sub-produto precisa movimentar para outro setor, esta transição ou é via *pallets* quando é pouco e um espaço curto ou é muito e por guindastes quando é uma diferença de espaço considerável.

Neste processo, a extrusão ocorre em seis extrusoras, que se diferem, essencialmente, na capacidade produtiva, mas quanto aos componentes do seu sistema são equiparados na análise da metodologia de análise de falhas utilizada, tal característica se tornou relevante critério para esta pesquisa.

De acordo com o Manual do Fabricante das extrusora, para uma boa operação desta máquina são necessárias as seguintes atenções dos operadores: quanto a temperatura de acionamento (em algumas partes são altas temperaturas e outros componentes necessitam resfriamento), quanto a limpeza da matriz e com isso, revisar com atenção a Ordem de Produção atentando a largura do filme, espessura, tratamento, configurações de produção, instruções especiais, diâmetro da bobina ou outro qualquer requisito especificado.

Tais procedimentos são realizados de praxe pelos operadores, entretanto a rotina deixa passar despercebido algumas dessas características que futuramente acarretam em falhas na extrusora. Quando há uma ocorrência de falhas o fluxo de informação para a manutenção, ocorre entre operador, que é o primeiro a entrar em contato com a falha inesperada, e o técnico de manutenção que é o avaliador da solicitação do operador, como apresentado na figura 5 através do fluxograma.

Figura 5: Fluxograma de Solicitação de Serviço de Manutenção



Fonte: Autores (2017)

Quando há estes eventos, o supervisor de manutenção é quem contém o Livro de Anotações Gerais de qualquer manutenção, e sendo o responsável por autorizar os procedimentos cabíveis posteriormente. Portanto não há na empresa um padrão de documentação deste processo de solicitação de serviço, e o que há de registros são os ordens de serviço que chegam ao almoxarifado principalmente para Manutenções Corretivas Não-Planejadas e este Livro de Anotações.

Diante deste cenário, os atuais estagiários de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção tomaram a iniciativa em mudar os atuais paradigmas vividos na empresa, pois constataram que a realidade a torna obsoleta quanto a gestão da manutenção e os custos indiretos já são considerados altos. Como forma de iniciar processo de mudanças, foi feito um estudo, primeiramente, na máquina considerada crítica ao processo – a extrusora.

Para consolidar a importância deste estudo de caso, a partir da análise dos registros de solicitações de serviços de um período de três meses (Janeiro/Fevereiro/Março 2017)

foi possível observar um custo de não produção de R\$ 180.600,00 proveniente de paradas de máquinas, demonstradas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Custo de oportunidade da extrusora por não produção

EXTRUSORAS	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (kg/h)					
	A	B	C	D	E	F
Polietileno Alta Densidade (kg)	-	-	32	-	-	70
Polietileno Baixa Densidade (kg)	50	32	32	200	200	70
Tempo De Parada (h)	19	1	114	13	9	-
Custo De Parada De Manutenção Corretiva (R\$)	38.000,00	1.280,00	145.920,00	104.000,00	72.000,00	-

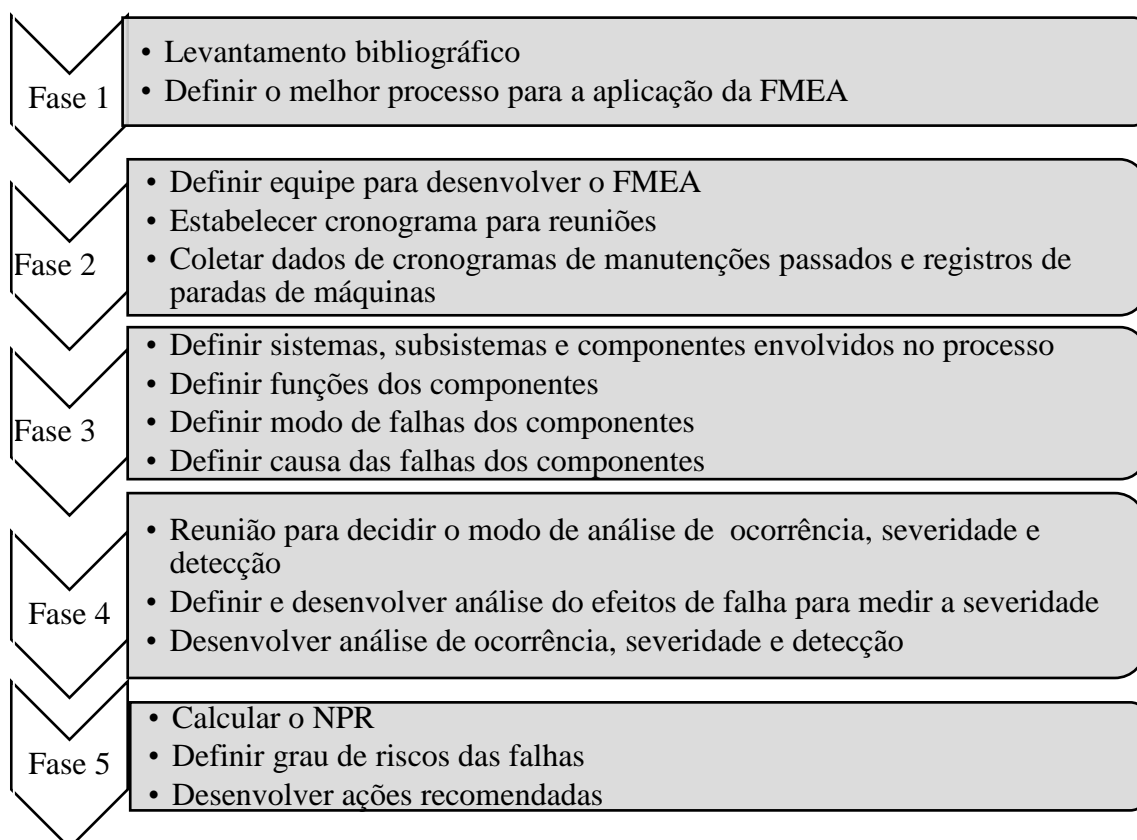
Fonte: Autores (2017)

Portanto, tal estudo, visou adotar uma ferramenta de análise de falhas que permitisse uma estratégia proativa de investigação e intervenção, sendo assim, escolheu-se o FMEA. A metodologia da ferramenta permitiu adotar uma intervenção de boas práticas de manutenção, pois não demandou de dados históricos rigidamente documentados, entretanto houve uma preocupação em selecionar os profissionais mais qualificados para dar suporte na construção dos dados de entrada para o formulário FMEA, como será mostrado a seguir.

3.3. Análise dos modos de falhas e efeitos da extrusora

Com isso, o atual estudo adaptou o modelo de implementação do Manual de Moura (2000), dividindo-o em cinco fases, sendo que a escolha da divisão em fases buscou ajustar todo o processo de desenvolvimento do FMEA de acordo com a cultura da organização e as rotinas praticadas pelos envolvidos. A figura 6 mostra as fases que compõe a estruturação da análise de causa e efeito.

Figura 6: Etapas de aplicação da ferramenta FMEA



Fonte: Adaptado de Klemann (2017)

Para iniciar o FMEA foi essencial a participação de funcionários com grande experiência na fábrica, principalmente os técnicos da manutenção. Tais colaboradores se uniram aos estagiários de Engenharia Mecânica e o de Engenharia de Produção, o Supervisor da Manutenção e um operador. A única fonte de dados documentadas vêm do Livro de Anotações Gerais da manutenção, o que tornou a coleta extremamente cuidadosa, a fim de não avaliar informações errôneas.

Primeiramente, as reuniões tinham como objetivos definir os sistemas, subsistemas, componentes e subcomponentes das extrusoras, visando facilitar o entendimento total da máquina. As reuniões eram compostas pelo gerente de manutenção, gerente industrial, mecânicos de manutenção, estagiários de engenharia de produção e mecânica, e aconteciam quase diariamente. Todas as informações relatadas durante as reuniões eram registradas pelos estagiários que organizavam e estruturavam os dados. Assim que os sistemas, subsistemas, componente e subcomponentes foram definidos, as reuniões mudaram o foco para a análise das falhas e estratégias para evita-las. E por fim, o último foco das reuniões foram o desenvolvimento do plano de manutenção da extrusora. Eles desenvolveram as fases 3 a 5 durante cinco meses (Abril – Setembro). O

estudo do FMEA encontrou o total de 614 falhas, sendo 495 de grau baixo, 90 de grau moderado e 29 de grau de risco alto.

A partir daí, deu-se continuidade a esta pesquisa seguindo dois planos para propor melhorias na área de manutenção da empresa: uma para curto prazo, a fim de impactar com ações urgentes para as falhas de risco alto de acordo com o FMEA da empresa e um a médio e longo prazo, desenvolvendo o Plano de Manutenção baseado em Viana (2009) aplicando quatro etapas das cinco propostas por ele.

3.4. Desenvolvimento do Plano de Ação para falhas de alta prioridade

Considerando o resultado final do NPR do FMEA em estudo contabilizou-se vinte e nove falhas de risco alto, ou seja, pelo método tradicional de interpretação de riscos do FMEA, aplicando apenas o produto dos índices encontrados de severidade, ocorrência e detecção. A análise foi feita a partir do quadro resultante do NPR de alto risco, como apresentado no Anexo A, para, assim, determinar os modos de falhas mais importantes de maneira mais correta foi utilizado o Gráfico de Áreas, para permitir uma análise mais proativa. Os dados estão dispostos estão representados no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6: Matriz de modo de falha e efeito para Gráfico de Áreas

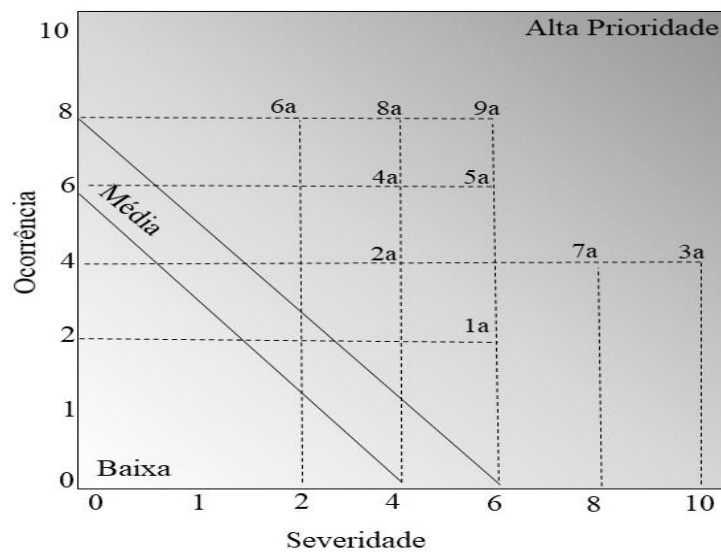
	Modo de falha (ocorrência)	Efeito (Severidade) (a)
1	Travamento da pista (2) Desgastes por abrasão (2) Corrosão por atrito (2)	Tempo de parada (6)
2	Inversor com erro (4) Fluxo irregular (4)	Tempo de parada (4)
3	Rolo não puxa filme (4) Falta de pressão no filme (4) Filme plástico com estrias (4) Baixa intensidade das dinas (4)	Tempo de parada (10)
4	Material não homogeneizado (6) Massa de polietileno líquida (6)	Tempo de parada (4)
5	Perda do isolamento (6)	
6	Refluxo de massa (6)	Tempo de parada (6)
7	Inversor com erro (8)	Tempo de parada (2)
8	Palhetas danificadas (8) Baixa intensidade das dinas (8)	Tempo de parada (4)
9	Refluxo de massa (8)	Tempo de parada (6)

Fonte: Autores (2017)

Com isso, a construção do Gráfico de Áreas adotou a Escala de Severidade ao eixo horizontal e da Escala de Ocorrência ao eixo vertical, neste caso foi adotado os valores de um, dois, quatro, seis, oito e dez, conforme estabelecido pela equipe do FMEA. Também, a equipe definiu, para determinação das áreas, as regiões de alta, média e baixa prioridade, sendo que a primeira região (alta prioridade) tem seu ponto inicial da fronteira no valor seis da Tabela de Severidade, no qual foi considerada alta principalmente por conta das horas de paradas das máquinas ser entre seis e doze horas. Para a Tabela de Ocorrência, a partir do valor oito já é considerado uma ocorrência de falhas frequentes, com isso, fechou-se a região de maior análise.

Para concluir este gráfico, a equipe seguiu a política acima adotando os valores da tabela FMEA, então para o eixo de Severidade marcou-se a partir do ponto quatro ao seis e para o eixo de Ocorrências foi do valor seis ao oito. Coerentemente, a área restante representa os riscos de baixa prioridade. A partir deste gráfico, as coordenadas encontradas formaram um código alfanumérico, conforme é apresentado na figura 7 onde se identificou o grau de severidade a cada efeito e o índice de ocorrência associado a cada modo de falha. Com isso, foi escolhida individualmente a causa correspondente ao código que representou.

Figura 7: Gráfico de Áreas do FMEA da extrusora



Fonte: Autores (2017)

Com o Gráfico de Áreas, optou-se visualizar por meio de uma varredura a partir do canto superior direito para detectar quais falhas apresentaram maior prioridade, já que todas as coordenadas se dispuseram dentro da mesma área. Assim, encontraram-se dois códigos alfanuméricos com alta prioridade, o 9a e o 3a. O código 3a representa as coordenadas (10,4), ou seja, o índice de Ocorrência é igual a 4 e o índice de Severidade é igual a 10 e o outro código representa a coordenada (6,8), indicando Ocorrência de grau 8 e Severidade de grau 6.

Uma vez estabelecidas as causas altamente prioritárias, buscou-se definir as causas-chave comuns de falha pela Matriz de Investigação, indicados no Quadro 7 abaixo. O objetivo era detectar as causas-chave comum que mais ocorriam para mais modos de falhas diferentes, mas a equipe FMEA decidiu priorizar a análise desta Matriz pelo índice de Ocorrência, ou seja, como o código alfanumérico 9a encontrado apresenta maior índice de Ocorrência representando falhas com alta frequência, dentro de um período de três em três meses, de acordo com o FMEA da extrusora.

Quadro 7: Matriz de Investigação de Causas-Chave da extrusora

CAUSA COMUM	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9 ^a
Lubrificação Incorreta	X								
Erro de Programação		X							
Material Depositado nas Roscas Helicoidais		X							
Falta de Cromagem			X						
Rolo com Ranhuras			X						
Emborrachado Danificado			X						
Ressecamento da Camada de Borracha			X		X				
Aparecimento de Ranhuras Banana			X						
Placa Acrílico Danificada			X						
Zonas de Aquecimento Não Funcionando				X					
Montagem do Filtro Tela Incorreta						X			
Sobrecorrente							X		
Vibração Excessiva								X	
Acúmulo de Impurezas no Eletrodo								X	
Temperatura Inadequada da Massa									X

Fonte: Autores (2017)

Sendo assim, a equipe FMEA elencou a causa como a mais importante para ser aplicada um plano de contenção, por meio de um 5W2H, sendo: Temperatura inadequada da massa. Pelo fato do período de ocorrência ser considerado curto e por ser parte de um procedimento padrão de boa operação da máquina, como mencionado no item 3.2., se fez ideal sanar tratar tal falha para então colocar em prática o Plano de Manutenção proposto a seguir. Então, abaixo está disposta a proposta de ação para conter a causa.

Quadro 8: Causa Prioritária – Temperatura Inadequada da massa

O que?	Por que?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Instalar um sinalizador visual industrial programável	Para alertar o operador	No painel	05/01/2018	Mecânico de máquina	Este sinalizador estará interligado com o sensor de temperatura do cilindro	R\$ 700,00

Fonte: Autores (2017)

3.5. Proposição do Plano de Manutenção

A partir de uma análise em relação aos custos de oportunidade que o FMEA possibilitou, a necessidade de um plano de manutenção preventiva mostrou-se indispensável para uma estratégia que tem como objetivo diminuir as quantidades de falhas, principalmente as falhas com grau de risco elevado. A estratégia montada foi dividida em 4 etapas (Plano de inspeção visual, Roteiros de lubrificação, Manutenção de trocas de itens de desgastes e Plano preventivo), na qual em cada etapa foi desenvolvido ferramentas que irão proporcionar suporte para o plano de manutenção a médio prazo, assim como recolhendo o máximo de dados possível para futuras análises.

3.5.1. Inspeção de rota mecânica

Os modos de falhas descritos no FMEA mostraram que determinadas falhas podem ser facilmente identificadas a partir da utilização dos sentidos do operador. Logo, foi feita uma triagem no FMEA dos componentes externos a extrusora que possibilitam uma inspeção rápida e precisa, apenas observando certas características do equipamento, tais como: ruído, temperatura, condições de conservação, e etc. Com a seleção dos componentes externos, foram definidas as características que serão avaliadas, a partir do uso dos sentidos humanos, sendo cada característica tendo uma avaliação já pré-estabelecida no roteiro de inspeção visual.

A partir do quadro de inspeção mecânica, os colaboradores farão uma avaliação simples e eficaz diária de componentes fundamentais para o processo desenvolvido pela extrusora utilizando os sentidos humano do operador. No quadro 9 abaixo, pode-se observar que foram selecionados alguns dos componentes da máquina, sendo escolhidos por serem externos a ela, facilitando assim a análise. As características que vão ser avaliadas são: fixação do equipamento, a sua temperatura em relação ao padrão, ruídos emitidos, vibrações, limpeza, vedação, condições gerais de integridade, condutores elétricos, iluminação no local e lubrificação das peças.

As características poderão ser definidas de três formas: situação não conforme, conforme e equipamento parado. As escolhas das avaliações simples e diretas foi devido ao fato de serem avaliados por operadores de máquina, sem conhecido técnico de manutenção, fazendo com que seja repassado o atual estado da máquina aos mecânicos especializados. A inspeção de rota mecânica vai ser feita pelos operadores no início dos seus turnos de trabalho, sendo entregue para os supervisores de produção que repassarão para os mecânicos.

É também confeccionado, ao verso (no quadro 11) da rota de inspeção mecânica, um outro quadro para anotações das possíveis anormalidades detectadas. Quando tais dados chegarem aos mecânicos, estes repassarão ao supervisor da manutenção que fará o registro eletrônico do mesmo.

Com a inserção inicial de medidas que são parte do pilar de manutenção autônoma da TPM, o operador passa incorporar e a realizar atividades com função de manutenção, buscando sempre manter o equipamento em operação e assim atingir de maneira estável e eficazmente o planejamento de produção. Isto não é tornar o operador membro da Manutenção, mas sim ser os “olhos da manutenção”, ajudando no trabalho do departamento de Manutenção.

Quadro 9: Ficha de Inspeção de Rota Mecânica (frente)

LOGO DA
EMPRESA

INSPEÇÃO DE ROTA MECÂNICA

PCM

ÁREA:
EXTRUSÃO

ROTA:

SISTEMA:

FREQ.: DIÁRIA

DATA: /

/

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

ITENS DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA											
Equipamento	Horário	Fixação	Temperatura	Ruído	Vibração	Limpeza	Vedação	Condições Gerais de Integridade	Condutores Elétricos	Iluminação	Lubrificação
Motor principal											
Redutor											
Conjunto rosca-cilindro											
Ventiladores											
Painel											
Troca-tela											
Fiação											
Esteira do cabeçote giratório											
Anel de ar											
LEGENDA:		P - EQUIPAMENTO PARADO						OK - SITUAÇÃO CONFORME (SEM PROBLEMAS)			
		N - SITUAÇÃO NÃO CONFORME (PROBLEMÁTICA)									

EXECUTANTE: _____

VISTO MATRÍCULA

GT DA ÁREA: _____

VISTO MATRÍCULA

Fonte: Autores (2017)

Quadro 10: Ficha de anotações adicionais da Rota de Inspeção Mecânica (verso)

ITEM	DEFEITO	DESCRIÇÃO	PREV.	EMG.	URG.	MONT.	PEÇAS NECESSÁRIAS		
							REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE

LEGENDA

PREV.: PREVENTIVA (será executado durante a manutenção preventiva)

EMG.: EMERGÊNCIA (necessita de correção imediata)

URG.: URGÊNCIA (providenciar peças e monitorar)

MONT.: MONITORAMENTO (acompanhamento da evolução de um problema)

EXECUTANTE: _____
VISTO MATRÍCULA

GT DA ÁREA: _____
VISTO MATRÍCULA

Fonte: Autores (2017)

3.5.2. Roteiro de Lubrificação

O FMEA tornou visível que um roteiro de lubrificação é essencial para diminuir o número de falhas nas extrusoras estudada, uma vez que grande parte das falhas com um NPR alto apresentam como solução uma lubrificação eficiente em períodos já determinados pelo fornecedor da máquina. Logo, foi reunido todas as informações necessárias para montar o roteiro; tais informações foram retiradas do próprio manual das extrusoras.

O desenvolvimento do quadro, no qual os componentes presentes nas máquinas foram organizados em sistemas, tendo cada sistema seus subsistemas e cada subsistema o seu componente que será lubrificado. Outras informações também foram reunidas conforme cada componente, como: aplicação, lubrificante e periodicidade.

O plano levou em consideração todos os componentes que necessitam do processo de lubrificação, sendo todos determinados pelo manual de operação da extrusora. Foi especificado o lubrificante mais adequado ao componente assim como o seu modo de aplicação e sua periodicidade. O quadro 11 desenvolvido possui uma programação estendida a um ano, considerando a premissa que cada atividade de lubrificação necessite da aprovação do supervisor de produção com o intuito de aprovar se a máquina está funcionando perfeitamente após a lubrificação.

Por isto, os operadores que irão realizar a troca serão previamente avisados pelo gerente de manutenção, que será o detentor do plano de lubrificação desenvolvido, este terá a função de nomear o colaborador disponível no turno que será responsável pela atividade. O planejamento só não será obedecido caso haja anormalidades detectadas na Rota de Inspeção Mecânica, fora isto, o operador só irá verificar *in loco* quando for determinado.

Quadro 11: Roteiro de Lubrificação do Grupo Extrusor

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> LOGO DA EMPRESA </div>	PLANO DE LUBRIFICAÇÃO - EXTRUSORAS CRONOGRAMA
---	--

EXTRUSORA A	Modelo:	Nº Série	Ano	Produção dia anterior	Produção atual (média)	Legenda			L 1	Lado 1	Inspeção feita em: _____												
TAG: EXT A	Rulli Standard EF-60								L 2	Lado 2													
Setor	Subsetor	Componente	Complemento	TAG	Aplicação	Lubrificante	Dosa g.	Periodicidade	N O V	D E Z	J A N	F E V	M A R	A B R	M A I	J U N	J U L	A G O	S E T	O U T	N O V	D E Z	
GRUPO EXTRUSOR	Motor Principal	Rolamento	Interno		Graxeiro	EP 2 / Azul		BIMESTRAL															
	Redutor da Rosca	Reservatório de óleo	Interno		Manual	Óleo Lub. 320	TROCA	SEMESTRAL															
	Redutor Gravimétrico	Reservatório de óleo	Interno		Manual	EP 2 / Azul		TRIMESTRAL															

Fonte: Autores (2017)

3.5.3. Manutenção de troca de itens de desgastes

A partir de uma reunião realizada com supervisores de produção e mecânicos, foram selecionadas determinadas peças que necessitam de uma peça similar para reposição. Tal reposição pode ocorrer devido ao fim da vida útil da peça ou não cumprimento da sua respectiva função como deveria. Essas peças de reposição não possuem um custo elevado e o processo de troca é considerado simples. Sendo assim, informações como fornecedor e vida útil da peça foram computadas para o desenvolvimento de um quadro que terá a função de manter visível, a todos os interessados, as informações atualizadas de tais peças que estejam em uso no momento.

Quadro 12: Lista de Troca de Itens de desgaste

LOGO DA EMPRESA	MANUTENÇÃO DE TROCA DE ITEM DE DESGASTE			
Planejamento e Controle da Manutenção				
Sector: EXTRUSÃO				
Itens	Fornecedor	Vida Útil	Data da última troca	Data da próxima troca
Resistência				
Cilindro				
Flange				
Adaptador Vertical				
Adaptador Horizontal				
Tela de filtro				
Bloco				
Cabeçote				
Matriz				
Camisa de silicone				
Bucha Teflon				
Bucha de Bronze				
Mangueira do Anel				
Fusíveis				
Inversor de Frequência				

Fonte: Autores (2017)

O objetivo do quadro a seguir é manter informações atualizadas referentes a peças fundamentais para o funcionamento da máquina. No quadro 12 abaixo será mencionado o fornecedor da peça, o tempo de vida útil, a data da última troca e a data da próxima troca.

Este documento ficará afixado na sala da manutenção a fim de estar em observação pelos funcionários da produção quando necessário, visto que, estes componentes merecem atenção tanto pela importância para extrusora quanto pelo constante histórico (empírico) de troca nas extrusoras.

3.5.4. Plano preventivo

O roteiro de manutenção preventiva foi desenvolvido tendo como base as informações proporcionadas pelo FMEA, recomendações mencionadas pelos fornecedores e guias de uso presentes em manuais de utilização. Com as informações, foi possível selecionar determinados procedimentos que objetivam diminuir as frequências das falhas ou até mesmo eliminá-las. Os procedimentos foram mapeados a partir de periodicidades: diária, semanal, quinzenal e semestral. Desenvolvendo, então, um plano no qual indica em onde será o procedimento de manutenção e qual funcionário poderá realiza-lo.

O plano desenvolvido possui procedimentos que tem como objetivo realizar análises e manutenções preventivas. Mostrou-se necessário padronizar alguns procedimentos, devido grande importância saber a característica padrão de determinados equipamentos, os quais podem apresentar diversos estados e características fora do normal. Logo, os procedimentos listados no plano preventivo foram separados pelas frequências que deve ser feito; e a cada quadro de procedimentos foram descritos o passo a passo de algumas operações que são cruciais para um melhor desempenho da máquina. Sendo assim, o primeiro quadro construído é o quadro 13 a seguir.

Quadro 13: Manutenção Preventiva Diária

SETOR	PROCEDIMENTOS	RESPONSÁVEL
Painel	Verificar a corrente dos Amperímetros	Operador
Painel	Verificar a operação dos controles de temperatura	Operador
Painel	Verificar os indicadores de pressão ou manômetro de pressão	Operador
Motor	Verificar os filtros do ventilador	Operador
Cabeçote	Verificar vazamento de Óleo	Operador
Motor/Redutor		Operador
Tratamento corona	Verificar se não há sujeira nas laterais do aplicador de tratamento	Operador
Redutor		Operador
Motor	Verificar presença de ruídos estranhos	Operador
Painel		Operador
Cilindro		Operador
Ventiladores		Operador
Tela de filtro	Verificar vazamento no tela de filtro	Operador
Geral	Verificar fiação	Mecânico Eletricista

Fonte: Autores (2017)

No painel é possível verificar alguns indicadores fundamentais para uma análise simples do estado da extrusora, como: a temperatura em alguns sistemas da máquina, a corrente elétrica, e pressão interna. Como o motor é alocado em uma posição externa a máquina é possível fazer uma inspeção visual do seu filtro do ventilador com clareza, logo o filtro necessita estar com as saídas desobstruídas, caso contrário, é possível limpá-lo com uma escova dura, ou dependendo do tempo de uso, serem trocado. Já ruídos fora do comum são facilmente perceptíveis, uma vez que a máquina em funcionamento normal reproduz ruídos em uma intensidade e frequência constantes; ruídos como batidas irregulares e estalos podem ser considerados anomalias.

Vazamentos na troca tela podem ser facilmente identificados através de inspeções visuais, sendo caracterizado por vazamentos do material em processo pelas extremidades do cilindro, no Apêndice A consta o Procedimento Operacional Padrão para realização desta atividade.

A fiação pode ser avaliada a partir de uma inspeção visual focando nos cabos de alimentação, verificando se há fissuras ou aberturas no isolamento.

Por conseguinte, o desenvolvimento da Manutenção Preventiva Semanal será feito a cada semana, a partir da autorização inicial do gerente de manutenção sobre este Plano, sendo assim, já serão mobilizados os recursos humanos e materiais necessários no dia anterior ao estipulado e no dia da ação serão realizados os procedimentos descritos no Quadro 14 abaixo:

Quadro 14: Manutenção Preventiva Semanal

SETOR	PROCEDIMENTOS	RESPONSÁVEL
Redutor	Drenar o filtro de óleo	Mecânico
Motor	Verificar a tensão das correias	Auxiliar de Manutenção
Rolos bobinadores	Verificar o estado dos acoplamentos e mancais	Mecânico
Rolos de passagem	Lubrificar rolamentos dos rolos de passagem	Mecânico
Ventiladores	Verificar funcionamento pelo motor	Mecânico

Fonte: Autores (2017)

Para o setor do Redutor e do Motor foram criados POP's para sua realização destes procedimentos, pois exigem mais atenção no desenvolvimento da tarefa visto que demandam mais detalhes, tais informações estão no Apêndice B.

Os rolos bobinadores necessitam de uma inspeção visual quanto a sua posição e fixação, atentando a estados empanados ou travados, pois precisam de trajeto mais livre possível para produção. Já os rolos de passagem obedecem ao roteiro de lubrificação, sendo que esta inspeção acompanha o estado deste componente.

Após quinze dias do início do Plano, a equipe de manutenção atentar-se-á aos procedimentos descritos no Quadro 15 abaixo, obedecendo as regras de planejamento mencionadas acima, ou seja, alocação de recursos no dia anterior.

Quadro 15: Manutenção Preventiva Quinzenal

SETOR	PROCEDIMENTOS	RESPONSÁVEL
Correntes	Lubrificar os acionamentos por correntes	Mecânico
Geral	Engraxar os eixos, rolamentos e engrenagens	Mecânico
Matriz	Limpar filtros	Mecânico
Tratamento corona	Limpar o aplicador do tratamento	Mecânico

Fonte: Autores (2017)

Tais procedimentos necessitam de um intervalo maior de inspeção, pois são mais resistentes e apresentam número menor de falhas. No setor de correntes, a lubrificação obedecerá ao roteiro, sendo que esta Manutenção Preventiva consta neste plano a título de atenção da equipe de manutenção. O método de lubrificação depende do tipo do rolamento e sua instalação na extrusora. Os rolamentos podem ser separáveis ou não separáveis, as instalações podem ser bipartidas ou inteiriças. Rolamentos separáveis incluem os rolamentos de rolos cilíndricos, rolamentos de rolos cônicos e todos os tipos de rolamentos axiais. Estes rolamentos podem ser engraxados com as partes separadas na ordem determinada pela sequência de montagem.

- Depois de montado o primeiro anel, lubrifique o espaço, interno com graxa. Depois engraxe o anel
- O rolamento possui uma gaiola com esferas ou rolos, assegure-se que todos os espaços sejam bem lubrificados.
- Se o anel é separado, basta lubrificá-lo ligeiramente de modo que não fique danificado quando o anel com a gaiola e os rolos for montado sobre ele.

Rolamentos não-separáveis são rígidos ou auto compensadores. Os rígidos, tais como os rolamentos rígidos de esferas e os de contato angular de esferas, devem ser lubrificados de ambos os lados.

- Um anel pode ser girado de modo que os elementos rolantes sejam acessíveis e a graxa possa ser injetada em todo espaço livre entre eles.
- Para facilitar o fornecimento de graxa deve-se utilizar uma pistola de graxa com bocal.
- Se forem utilizados vedantes de contato, a caixa do rolamento também deve ter orifício de saída de forma que quantidades excessivas de graxa não se acumulem no espaço ao redor do rolamento, uma vez que isso pode causar um aumento definitivo na temperatura do rolamento.
- O orifício de saída deve estar tampado quando for utilizada água com alta pressão para limpeza.

A limpeza na matriz é necessária mesmo que não haja vazamentos, pois, os resíduos materiais podem danificar futuramente a máquina e prejudicar no processo, com isso este procedimento é basicamente o mesmo do demonstrado no Apêndice A. Já a limpeza no tratamento corona é facilmente realizada com álcool etílico e após isto secar com ar aquecido.

Por último, desenvolveu-se o Plano de Manutenção Semestral contendo os componentes mais robustos e que precisam parar por um tempo maior a produção demandando outros equipamentos para movimentar estes componentes, como empilhadeiras/guindastes. Tais procedimentos que serão realizados estão no quadro 16 a seguir.

Quadro 16: Manutenção Preventiva Semestral

SETOR	PROCEDIMENTOS	RESPONSÁVEL
Estrutura de suporte	Verificar o desgaste no acoplamento e na fixação	Mecânico
Rosca	Limpeza	Mecânico
Cilindro	Verificar Desgaste	Mecânico
Cabeçote	Engraxar o rolamento do cabeçote giratório com graxas à base de teflon Limpeza	Mecânico
	Verificar o estado do rolamento do giratório Trocar a bucha de teflon do giratório	
Geral	Revisão completa de toda a parte elétrica	Mecânico eletricista

Fonte: Autores (2017)

Este plano movimenta um número maior de colaboradores e de materiais de apoio, então para a realização destes procedimentos, a empresa dará pausa nas tarefas

diárias e durante a semana estipulada para esta manutenção ordenará dentre estes sete procedimentos um para cada dia desta semana.

O procedimento da limpeza da rosca consta no Apêndice C e os procedimentos do cabeçote estão no Apêndice D. A revisão geral elétrica necessita dos equipamentos de avaliação de energia quanto a tensão, corrente, resistência e capacitância utilizando os seguintes aparelhos: Mega, Medidor de Resistencia ohm/micro-ohm, Teste carga com alta corrente, MultAmp e Teste Duplo. Para o setor de Estrutura de Suporte e Rosca necessitam de inspeções visuais quanto a corrosão, nivelamento e tintura.

Estas Manutenções Preventivas serão registradas no Banco de Dados em construção do setor de manutenção da empresa, já que a mesma ainda não obteve o módulo de gestão referente a manutenção. Com isso, estes dados irão iniciar o processo de controle da manutenção, ou seja, criar de fato um registro histórico para criação dos índices de desempenho da manutenção como a disponibilidade, de grande importância para a extrusora.

4. CONCLUSÃO

4.1. Considerações finais

O desenvolvimento do presente estudo verificou o quanto a ferramenta de análise de falhas contribui para melhores tomadas de decisões nas atividades da área de Manutenção, obtido a partir do FMEA. Por conta disso, também, permitiu uma pesquisa de campo onde obteve-se dados mais consistentes sobre um ativo tão importante para a empresa, o que se tornou a parte mais demorada do processo, entretanto, proporcionando alto grau de conhecimento da máquina para proposição das ações de melhoria.

Em conformidade, o estudo do FMEA foi feito por uma equipe multidisciplinar e gerando dois trabalhos científicos, sendo este aqui uma interpretação proativa da ferramenta consolidando-se com o Plano de Manutenção. Os resultados alcançados foram baseados em autores de prestígio da área da Manutenção, o que quanto à análise técnica da metodologia, proporcionou a inserção de conceitos de boas práticas na manutenção, procedimentos operacionais padrão às ações da manutenção e registro de forma mais correta para as ações de manutenção.

As ferramentas adotadas para a estruturação do Plano de Manutenção mostraram ser adequadas para o cenário em questão, uma vez que, tais procedimentos permitem o trabalho da manutenção preventiva em curto e médio prazo. Logo, tornou-se possível intensificar o conhecimento que existia sobre a máquina em questão, a extrusora, fazendo com que a equipe participante analisasse os procedimentos que eram usados e os adaptassem conforme a necessidade refletida.

O Plano de Manutenção gerado oferece quatro frentes de esforços visando atender a diversos aspectos de prevenção de falhas. As rotas mecânicas diárias demandarão dos operadores, e com isso, mudanças nas suas rotinas de trabalho, fazendo com que haja um período de adaptação dos operadores a essa possível realidade. O plano de lubrificação e a manutenção de troca de itens desgastes vai resultar na intensificação na troca de informações entre os setores de suprimentos e manutenção, visto que, existirá a necessidade de peças, equipamentos, óleos e lubrificantes estarem a pronta entrega no almoxarifado da fábrica. A partir das tais mudanças, o setor de manutenção terá que se adaptar a seguir o plano de manutenção preventiva, tendo a disciplina de seguir os procedimentos operacionais padronizados e realizar as atividades descritas no plano.

4.2. Propostas de pesquisas futuras

Com a importância do assunto e o quanto a sua viabilidade mostrou ser relevante, tanto aos estudos acadêmicos quanto a atender os interesses econômicos da empresa em questão, foi observado a oportunidade de desenvolver outros trabalhos que possam dar continuidade a este estudo de caso como, estruturar o PCM completo da empresa com o objetivo de aprimorar o engajamento entre o setor de produção e manutenção; assim como desenvolver um estudo de demandas, que possa oferecer um suporte para a sincronização de paradas de máquinas para manutenção preventiva com o planejamento e controle da produção.

Um ponto muito importante a ser discutido é a respeito da mudança de hábito dos envolvidos, e que, de forma indireta, afetará a cultura da empresa, a qual não pratica modificações relevantes com determinada frequência. Logo, existe a possibilidade de realizar um estudo acerca de quais práticas gerenciais são necessárias para que essas transformações possam ser assimiladas harmonicamente entre os envolvidos nos projetos.

5. REFERÊNCIAS

Abraman, Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de ativos. São Paulo. Abraman – 2013.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade, Rio de Janeiro. ABNT - 1994

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 55000/2014 - Gestão de ativos. Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro. ABNT – 2014.

ABIEF, Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis. 2017. Disponível em: <https://www.embalagemmarca.com.br/2017/09/industria-brasileira-de-embalagens-plasticas-flexiveis-tem-desempenho-positivo-no-1o-semester/>. Acesso em: 10/11/2017.

ABIPLAST, Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2016 - Edição Especial. 2016. Disponível em: http://file.abiplast.org.br/file/download/2017/Perfil_2016_Abiplast_web.pdf. Acesso em: 10/11/2017.

ABIPLAST, Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Os Plásticos. 2017. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos>. Acesso em: 10/03/2017.

BRANCO FILHO, F. G.. A Organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro. Ciência Moderna. 2008.

BERQUÓ, Jolan Eduardo. *Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade: O trinômio da Operacionalidade.* Material para Certificação Aeronáutica – 2014. Disponível em: http://www.dcabr.org.br/download/artigos/msc_49.pdf. Acesso: 15/05/17.

British Standards Institution EN 60300: Dependability management. Guidance for management and application. 2014. BSI – 2014.

BUTARELLI, F. P. Estruturação do Planejamento e Controle da Manutenção em uma fábrica de rações. Monografia de Conclusão de Curso na Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados – MS. 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/415>. Acesso em: 01/11/2017.

CABRAL, João Paulo Saraiva. 2006. **Organização e Gestão da Manutenção – Dos conceitos à prática**. Lisboa : Lidel, 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CARPES Junior, Widomar P. **Introdução ao projeto de produtos**. Série Tekne. São Paulo, SP: Bookman, 2014. 232p.

CISNEROS, Edry A. G. *Estudo de teorias de manutenção. Tipos e tendências atuais*. 2016. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos3/estudo-teorias-manutencao-tipos-tendencias/estudo-teorias-manutencao-tipos-tendencias2.shtml>. Acesso em: 25/04/17.

COMITTI, A. Engenharia de Manutenção: Técnica da Inspeção Visual. **Revista Mecatrônica Atual**; Ano:11; N° 57; Jul/ Ago – 2012. Disponível em: <http://eletricidade-eletronica-telecom.blogspot.com.br/2012/08/engenharia-de-manutencao-tecnica-da.html>. Acesso em: 01/11/2017.

COSTA, M. A. *Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf. Acesso em: 25/05/17.

CYRINO, L. Plano de Lubrificação de máquinas e equipamentos. Artigo do Blog Manutenção em Foco. 2015. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/plano-de-lubrificacao/>. Acesso em: 30/10/2017.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FORSTER, A. M., BRIT K. Maintenance for historic buildings: a current perspective, **Structural Survey**, Vol. 27 Iss. 3 pp. 210 – 229. Acesso em 01/11/2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/02630800910971347>.

GARRAFA, M.; ROSA, L. C. Priorização de ação em FMEA aplicada à semeadura canola (*Brassica napus* L. var. oleífera): comparação de uso de NPR e Gráfico de Áreas. **XI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção Bauru, SP, Brasil**. 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/M%C3%A1rcia/Downloads/284->

garrafa_m_prioriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20em%20FMEA.pdf. Acesso em: 25/10/2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

JÚNIOR, S. J. Manutenção. Apostila da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: http://www.del.ufrj.br/~victor.esteves/Seguranca/ApostilaManutencao_2012_01_Joacy.pdf. Acesso em: 01/11/2017.

KARDEC, A.; NASCIF, N. **Manutenção Função Estratégica**. 3.ed.3.reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LAD, B., SHRIVASTAVA, D, KULKARNI, M. **Machine Tool Reliability**. Scrivener Publishing. 2016.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1991.

LEITE, C. L. A. **Estrutura de um Plano de Manutenção de Edifícios Habitacionais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. 2009. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58591/1/000137039.pdf>. Acesso em: 01/11/2017.

LEMIS, L. Reability: probabilistic models and estatistical methods. New York: Prentice Hall, 1995.

LEONARDO, M. T. G.; JÚNIOR, W. M. G. Análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada ao Sistema de Ar Condicionado de um Ônibus de uso Urbano no Rio de Janeiro. Monografia de Conclusão de Curso para obtenção de bacharel em Engenharia Mecânica no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – Cefet/RJ. 2015. Disponível em: https://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/An%C3%A1lise_Manuten%C3%A7%C3%A3o_Centrad_a_Confiabilidade_Apl_Sist_Ar_Condicionado_em_%C3%94nibus_Urbano_RJ.pdf.

Acesso em: 10/08/2017.

LIMA, F. A. ; CASTILHO, J. C. N. (2006), *Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília*, Dissertação da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE), Brasília, DF. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1327/3/2006_FranciscosLima_JoaoCastilho.pdf. Acesso em: 25/04/17.

LUCATELLI, M. V. *Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares*, Dissertação de Tese de Doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, SC. Acesso em: 01/11/2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84318/189676.pdf?sequence=1>

MARCORIN , W. R. e LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*. V. 11, Nº 22 – pp. 35-42, jul/dez.2003. Disponível em: <http://www.drb-assessoria.com.br/11Custodemantencao.pdf>. Acesso em: 25/04/17.

MAROCCO, G. S. *A Importância da Manutenção Produtiva Total na Melhoria Contínua do Processo: Um Estudo de Caso*. Monografia de Conclusão de Curso na Unifersidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora, MG. 2013. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2013_1_Gustavo.pdf. Acesso em: 25/10/2017.

MARQUES, R. Q.; RIBEIRO, J. L. D. *Criação de um Plano de Manutenção para o equipamento Torno Descascadeira utilizando conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT)*. Monografia de Conclusão de Curso na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/65664>. Acesso em: 25/09/2017.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia para elaboração de monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo. Editora Atlas, 2014.

MATTOS, U. A. de O. **Higiene e Segurança do Trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011. 408p.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos**. [S.l.]: Atlas, 2005.

MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

MOUBRAY, J. **RCM II – Reliability – centered Maintenance**. New York: Industrial Press Inc, 2000.

MOURA, C. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA) Manual de Referência SAE J-1739**. ASQC. 2000

MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. Availability and maintenance cost optimization of a production plant. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/02656719510080596>. Acesso em: 28/10/2017.

NP EN 13306 Norma Portuguesa para terminologia de manutenção. Lisboa: Instituto Português da Qualidade. 2007.

NABEIRO, J. P. E. *Implementação da manutenção produtiva total no setor de estiragem de uma empresa de produção de perfis de aço*. Dissertação (Mestrado) em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciência e Tecnologia – Universidade de Coimbra. 2015. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/39075/1/Implementacao%20da%20manutencao%20produtiva%20total%20no%20setor%20de%20estiragem%20de%20uma%20empresa%20de%20producao%20de%20perfis%20de%20aco.pdf>. Acesso em: 25/05/17.

NAKAJIMA,S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IM & C - Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NETO, L. S. M.; TAVARES, D. M. L. Aplicabilidade da MCC em uma empresa de mineração. In: **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Fortaleza, out. 2015. Anais eletrônicos. Fortaleza: ABEPRO, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_224_28052.pdf>. Acesso em: 24/04/17.

NUNES, E. L. *Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada*, Florianópolis, 2001. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em

Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82056/185318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15/04/17.

PAS 55, **Asset management: PAS 55-1**, Part 1” , British Standards Institution, 2008. ISBN: 978-0- 580-50975-9.

PALADY, P. FMEA: **Análise dos Modos de Falhas e Efeitos: prevendo e prevendo problemas antes que ocorram**. Intituto IMAM, São Paulo. 1997.

PEDROSA, B. M. M. *Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um secador industrial*. Dissertação de Mestrado – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2014. Acesso em: 12/03/2017. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4151/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>.

PIERSKALLA , W. P. e VOLKER, J. A. A Survey of Maintenance Models: The Control and Surveillance of Deteriorating Systems. *Naval Research Logistic Quartely* n° 23, 1976, p.352-388.

PINTO, A. K. e XAVIER, J. N., *Manutenção: função estratégica*, Qualitymark, Rio de Janeiro. 1999.

PINTO, A. K., XAVIER, J. N. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PRODANOV, C. C.; FREITAS E.C. *Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico* [livro eletrônico]. 2. Ed. Novo Hamburgo, 2013. 277p. Acesso 02/04/17

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P. & LA FUENTE, D. de. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, n.2, v. 19, 2002.

QUINTELLA, Luciano Confort. *Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM) na otimização do programa de manutenção de centrais termonucleares*. 157 f : il. Bibliografia: f. 133-137 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/143841/quintella_lc_me_bauru.pdf?sequence=5. Acesso em: 25/04/17.

RACHE, Marco A.M. **MECANICA DIESEL**: Caminhões, pick-ups e barcos. São Paulo, SP: Hemus, 2004, 536p.2011.

RIOS, T. Apostila de Lubrificação – Lubrifique. 2009. Disponível em: http://www.lubrifique.com/downloads/Lubrifique_Apostila_Simples.pdf. Acesso em: 30/10/2017.

ROSA, E. B.. **Indicadores de desempenho e sistema ABC: o uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção**. Tese, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, A. C. O. *Análise do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos para elevação de restrições físicas em ambiente de manufatura enxuta*. Tese de Mestrado em Ciências de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0035016.pdf>. Acesso em: 25/04/17.

Seeley, I.H., **Building Maintenance**, 2º ed., Macmillan, London, p. 1. 1993.

SHARABI, M.; SHOJAIE. A. Application of FMEA and AHP in Lean Maintenance. ResearchGate. Tehran – 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266200962_Application_of_FMEA_and_AHP_in_Lean_Maintenance. Acesso em: 12/03/17.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVA, F. G., ANDRADE, J. J. O. Análise de falhas de equipamentos da indústria metal-mecânica como subsídio para estabelecimento de atividades de manutenção. **Revista Espacios**. Vol. 37 (Nº 12). Pág. 17. 2016. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371217.html>. Acesso em: 20/10/2017.

SILVA, L. S.; FLORES, D. Gestão da Qualidade em arquivos: Ferramentas, Programas e Métodos. **III SBA – Simpósio Baiano de Arquivologia – Salvador – Bahia**. Disponível em: <http://www.arquivistasbahia.org/3sba/wp-content/uploads/2011/09/Silva-Flores.pdf>. Acesso em: 20/10/2017.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOUZA, J. B. *Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica*. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Disponível em: <http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/100/Dissertacao.pdf>. Acesso em: 26/04/17.

TAVARES, L. **Administração Moderna da Manutenção**. Segunda edição. Rio de Janeiro: Novo Polo. Publicações, 1999.

TELES, J. **FMEA: O que é e como fazer**. Goiás, 30 agosto 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/fmea-o-que-e-como-fazer/>. Acesso em: 25/10/2017.

TELES, J. Planos de Manutenção Preventiva: Como elaborar. Goiás, 30 agosto 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 30/10/2017.

TEOH, P. C., & CASE, K. (2004). Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. *Journal of Materials Processing Technology*, 253-260.

TOMÉ, B. O. *Análise de Viabilidade Econômica e Produtiva para Implementação de Manutenção em Equipamentos: Um Estudo em uma Empresa de Reconstrução de Pneus Radiais Localizada no Centro-Oeste de MG*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção. UNIFOR-MG. Minas Gerais. 2011. Disponível em: <http://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/115/1/BrunoOliveiraTome-EP.pdf>. Acesso em: 26/05/17.

TROJAN, F.; MARÇAL, R.; BARAN, L. Classificação dos Tipos de Manutenção pelo Método de Análise Multicritério Electre Tri. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA*

OPERACIONAL. Natal/ RN. 2013. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0338.pdf>. Acesso em: 26/05/17.

VARELA, P. F. L. *Estudo de Melhoria do Serviço de Manutenção de uma Empresa Eletromecânica*, Lisboa: FCT/UNL. 2012. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/8767/1/Varela_2012.pdf. Acesso em: 25/05/17.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2 ed. 2009.

XAVIER, J. N. *Manutenção Classe Mundial*. Congresso Brasileiro de Manutenção. Salvador: ABRAMAN, 2005. Acesso em: 30/10/2017. Disponível em: <http://www.tecem.com.br/downloads/manutencao.pdf>.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998. 302 p.

ZAMBRANO, TATIANE FERNANDES; MARTINS, MANOEL FERNANDO. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 295-309, maio-ago. 2007. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/07.pdf> >. Acesso em 25/04/17

APÊNDICE A

Logo da empresa	Padrão Técnico	PROCEDIMENTO OPERACIONAL		Nº 2
	Elaborado por:	Data: / /	Aprovação:	Palavras-Chave: Vazamento Troca-telas
	Revisado por:	Data: / /	Data aprovação:	
Título: Limpeza do Filtro de Telas			Ref.: EXT - A	Produto
QUEM EXECUTA: MECÂNICO DO TURNO		QUANDO: VAZAMENTO DE ÓLEO		

MATERIAL E CONDIÇÕES NECESSÁRIAS:

- Chave de Boca
- Raspador de bronze
- Máquina deve se encontrar desligada
- Conjunto de telas
- Graxa de silicone

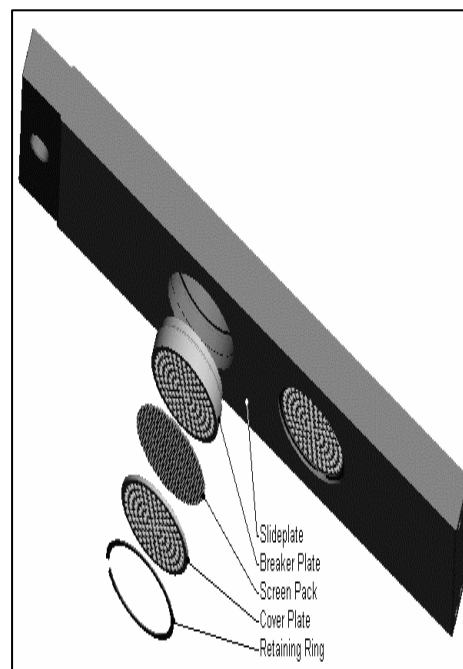
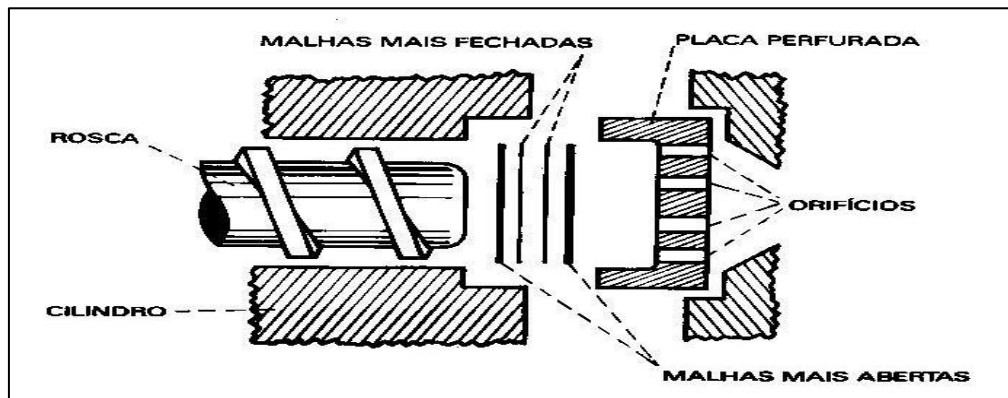
ATIVIDADES

Vazamentos na troca de tela podem ser facilmente identificados através de inspeções visuais, sendo caracterizado por vazamentos do material em processo pelas extremidades do cilindro. Quando for efetuado o trabalho de troca de telas é muito importante efetuar o trabalho mais rápido possível.

DESCRIÇÃO DA TAREFA

- Pare o equipamento;
- Cancele o dispositivo de acoplagem e abra o adaptador;
- Retire e gire o bloco da matriz, separando-o da extrusora;
- Limpe imediatamente o dispositivo de encaixe e o adaptador do material que ficou impregnado; faça rápido, antes que se solidifique;
- Retire a placa furada usando o raspador de bronze;
- Limpe cuidadosamente a placa com furos, as rebarbas e os excessos com a faca de bronze;
- Passe uma camada de silicone no local da tela;
- Insira um novo conjunto de telas na placa furada;
- Coloque a placa furada no intervalo entre cilindro de extrusão;

- Reinstale a matriz; certifique-se que a matriz esteja nivelada;
- Logo que o dispositivo de acoplamento tenha esquentado verifique o ajuste conforma a matéria prima;
- Controle para que o anel de ar resfriado esteja centralizado em relação a matriz;
- Limpe o bocal da matriz e aplique uma pequena camada de graxa de silicone;
- Controle todos os instrumentos de temperatura.



EPI's:

- Luva de Algodão
- Camisa de manga comprida de tecido grosso
- Calça comprida
- Bota com bico de aço
- Capacete
- Protetor auricular
- Óculos transparente

Histórico de revisões	
Data	Motivo

APÊNDICE B

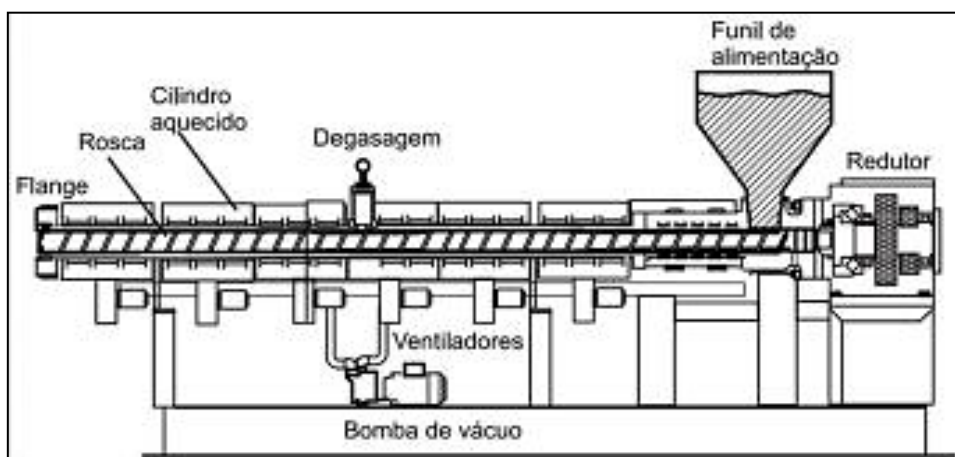
Logo da empresa	Padrão Técnico	PROCEDIMENTO OPERACIONAL		Nº 2
	Elaborado por:	Data: / /	Aprovação:	Palavras-Chave: Limpeza Redutor
	Revisado por:	Data: / /	Data aprovação:	
Título: Limpeza do redutor			Ref.: EXT - A	Produto
QUEM EXECUTA: MECÂNICO DA MANUTENÇÃO			QUANDO: SEMANALMENTE	

Equipamentos

- Óleo do redutor (Óleo lub 320)
- Querosene
- Funil

Descrição da Tarefa

1. Retire o bujão e deixe o óleo escorrer;
2. Lavar o bujão com querosene e recolocar no lugar;
3. Inserir o óleo novo com o funil através do bujão que está na parte superior do redutor até atingir o nível de óleo;
4. Recolocar o bujão superior.



Resultado esperado

Manter o funcionamento do redutor

EPI's:

- Luva de Algodão
- Camisa de manga comprida de tecido grosso
- Calça comprida
- Bota com bico de aço
- Capacete
- Protetor auricular
- Óculos transparente

Histórico de revisões	
Data	Motivo

APÊNDICE C

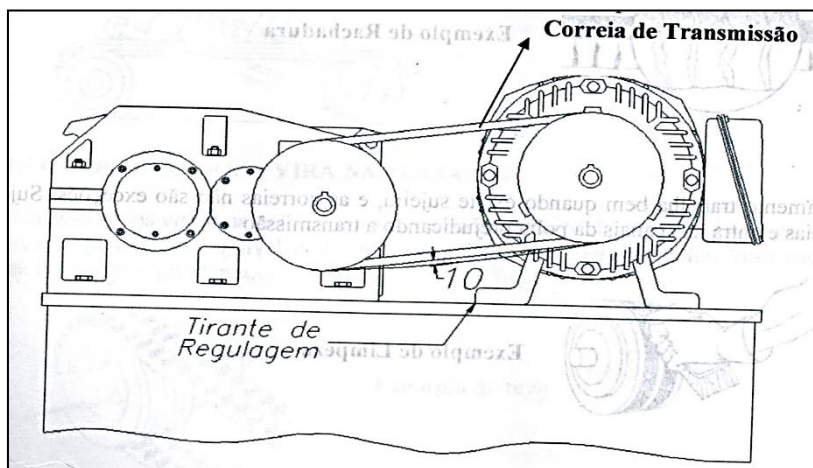
Logo da empresa	Padrão Técnico	PROCEDIMENTO OPERACIONAL		Nº 2
	Elaborado por:	Data: / /	Aprovação:	Palavras-Chave: Limpeza Regulagem Correias
	Revisado por:	Data: / /	Data aprovação:	
Título: Regulagem das correias			Ref.: EXT - A	Produto
QUEM EXECUTA: MECÂNICO DA MANUTENÇÃO		QUANDO: SEMANALMENTE		

Equipamentos

- Régua
- Chave sextavada

Descrição da Atividade

1. Retirar a proteção;
2. Soltar as porcas do motor;
3. Apertar o tirante do trilho até esticarem-se as correias;
4. Alinhar novamente o motor apoiando uma régua nas duas polias e apertando o outro tirante do motor;
5. Apertar novamente as porcas de fixação do motor;
6. Para verificar a exata tensão das correias coloca-se uma régua sobre elas, entre as polias e comprimindo-as levemente com os dedos, elas devem afastar-se cerca de 6 a 10 mm da régua.



Resultado esperado

Manter a tensão ideal das correias para o funcionamento.

EPI's:

- Luva de Algodão
- Camisa de manga comprida de tecido grosso
- Calça comprida
- Bota com bico de aço
- Capacete
- Protetor auricular
- Óculos transparente

Histórico de revisões	
Data	Motivo

APÊNDICE D

Logo da empresa	Padrão Técnico	PROCEDIMENTO OPERACIONAL		Nº 2
	Elaborado por:	Data: / /	Aprovação:	Palavras-Chave: Limpeza Rosca
	Revisado por:	Data: / /	Data aprovação:	
Título: Limpeza de Rosca			Ref.: EXT - A	Produto
QUEM EXECUTA: MECÂNICO DA MANUTENÇÃO		QUANDO: QUINZENALMENTE		

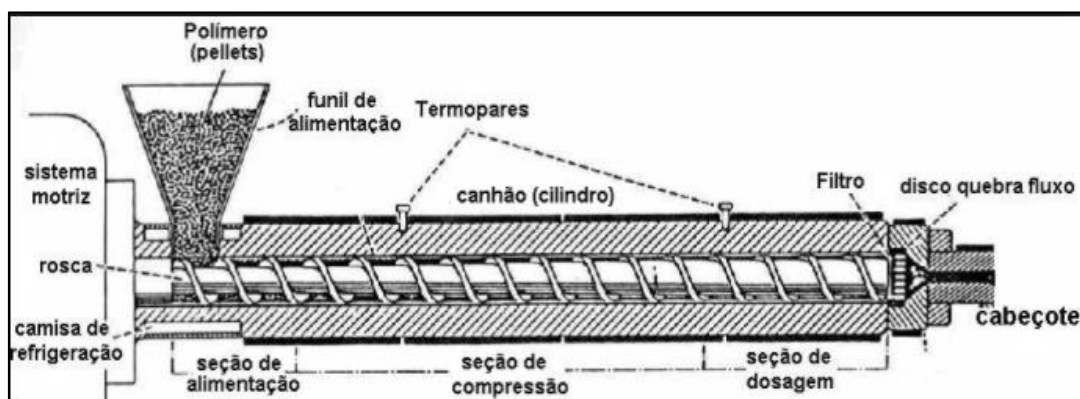
Materiais e condições necessárias

- Polímero neutro;
- Escova de latão;

ATIVIDADES

DESCRIÇÃO DA TAREFA

1. Rode na rosca polímero neutro por x tempo antes de iniciar a limpeza;
2. Desligue a máquina;
3. Remova o cabeçote, a rosca e o cilindro;
4. Raspe as partículas duras de polímeros degradados, enquanto a superfície da rosca estiver aquecida;
5. Após a raspagem, pode-se fazer a limpeza com uma escova de latão.



Resultado esperado

Melhorar o deslocamento de resina e intensificar a homogeneização da massa.

EPI's:

- Luva de Algodão
- Camisa de manga comprida de tecido grosso
- Calça comprida
- Bota com bico de aço
- Capacete
- Protetor auricular
- Óculos transparente

Histórico de revisões	
Data	Motivo

APÊNDICE E

Logo da empresa	Padrão Técnico	PROCEDIMENTO OPERACIONAL		Nº 2
	Elaborado por:	Data: / /	Aprovação:	Palavras-Chave: Limpeza Cabeçote
	Revisado por:	Data: / /	Data aprovação:	
Título: Limpeza Cabeçote			Ref.: EXT - A	Produto
QUEM EXECUTA: MECÂNICO DA MANUTENÇÃO		QUANDO: SEMESTRAL		

Materiais e Condições necessárias:

- Espátula de bronze
- Silicone líquido
- Sabão em pasta
- Chave sextavada

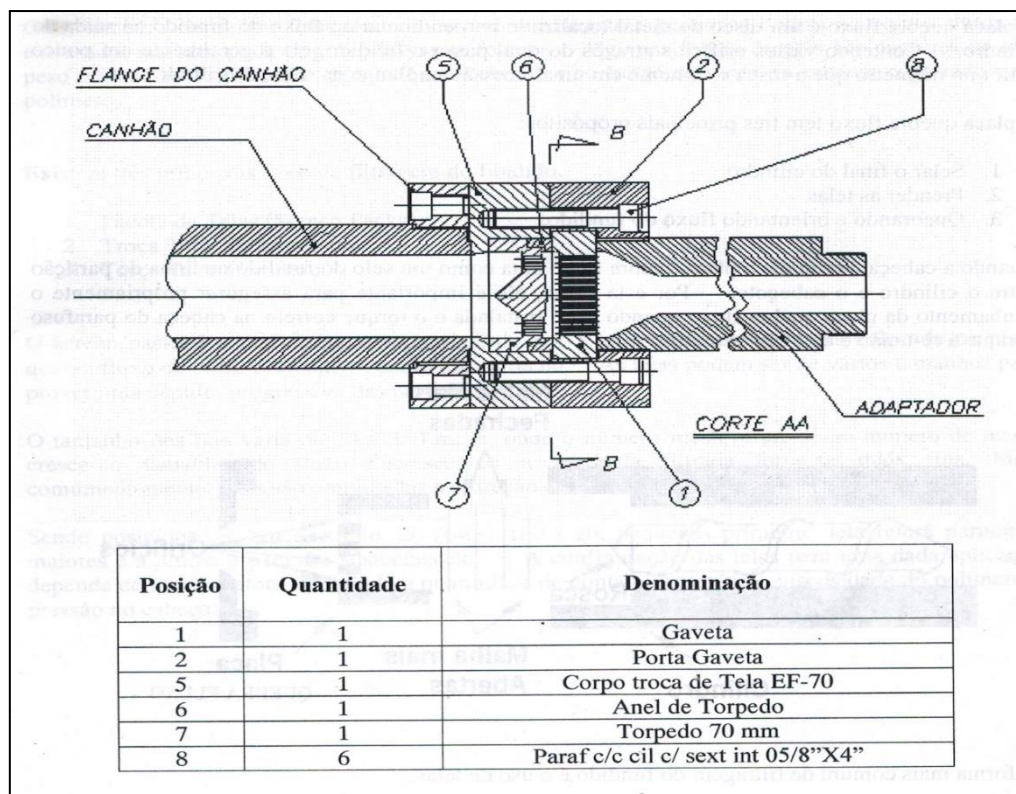
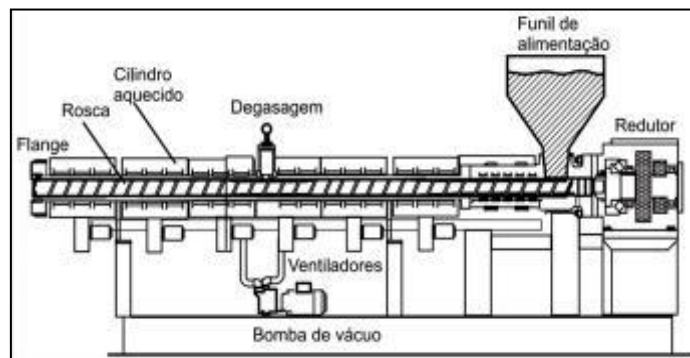
DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Os problemas peculiares de quebra de balão provocado pela presença de material queimado e pontos “gel” no filme que são responsáveis pela elevação dos índices de aparas, rejeição e perdas indesejáveis serão, se não eliminados, minimizados a níveis aceitáveis.

DESCRIÇÃO DA TAREFA

1. Demonstrar o conjunto macho-matriz colocando-os sobre uma mesa ou pallet de madeira isento de pregos;
2. A retirada de material queimado do conjunto deve ser feita com uma espátula de bronze;
3. Aplicar silicone líquido nas superfícies a serem limpas e, com uma bucha de bronze, efetuar a limpeza;
4. Polir com sabão em pasta

5. Desmontar a camisa utilizando o dispositivo apropriado repetindo os procedimentos anteriores;
6. Desmontar o pinhão limpando-o como as demais peças;
7. Retirar a porca de segurança do rolamento do giratório com chave sextavada;
8. Retirar o rolamento, verificar se o mesmo não apresenta avarias. Se houver necessidade, substituir;
9. Desmontar e limpar o pescoço horizontal e vertical;
10. Aquecer o conjunto e reapertar todos os parafusos certificando-se de que o cabeçote gire livremente quando submetido a um leve esforço no sentido de fazê-lo girar.



Resultado Esperado

A conservação e o rendimento do equipamento serão maximizados.

EPI's:

- Luva de Algodão
- Camisa de manga comprida de tecido grosso
- Calça comprida
- Bota com bico de aço
- Capacete
- Protetor auricular
- Óculos transparente

Histórico de revisões	
Data	Motivo

ANEXO A

EXTRUSORAS: ANÁLISE DE MODO DE FALHA E EFEITOS (<i>Failure Mode and Effects Analysis - FMEA</i>)																		
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FUNÇÃO	MODDO DA FALHA	CAUSA DA FALHA	Índices						NI	Grav do Risi				
ACIONAMENTO	Motor/dutur	Controle de Rotação	Inversor	Controlar a rotação do motor	Inversor com erro	Sobrecorrente/curto-circuito na saída (E 00)	8	2	1	2	2	6	96	Alto				
						Erro de programação (E 24)	4	1	1	4	2	4	6	96	Alto			
ALIMENTAÇÃO	Silos de Canhão	Compressor	Turbina / Palhetas	Gerar altas vazões	Palhetas danificadas	Vibração excessiva	8	2	1	4	2	4	128	Alto				
PLASTIFICAÇÃO						Cilindro do Canhão	Cilindro do Canhão	Promover condições de	Material não homogeneizado	Zonas de aquecimento não funcionando	6	1	1	4	2	4	4	96
	MOLDAGEM	Conjunto Cabeçote	Gaveta pneumática	Placa Quebra-Fluxo	Filtragem da massa plástica					Refluxo de massa (vazamento)	Temperatura inadequada da massa	6	1	1	4	2	4	4
Pescoço						Rolamento Central	Auxiliar na rotação do Anel de ar	Desgaste superficial por Corrosão por atrito	Lubrificação incorreta			8	1	1	6	2	6	2
	Helicoidal	Helicoidal	Distribuir e	Fluxo irregular	Material depositado nas rosca helicoidais				Lubrificação incorreta	6	1	1	6	2	6	8	96	Alto
ARRASTE						Puxadores	Conjunto de Rolos de Arraste	Rolo Cromado	Puxar e comprimir o filme para evitar	Rolo não puxa o filme	Falta de cromagem	4	1	1	10	4	10	4
	Rolos Emborrachado	Puxar e comprimir o filme para evitar	Rolo não puxa o filme	Rolo com ranhuras	4						1	1	10	4	10	4	160	Alto
BOBINAGEM				Rolos	Conjunto de Rolos de Arraste	Rolo Cromado	Puxar e comprimir o filme para evitar	Rolo não puxa o filme	Emborrachado danificado	Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10	4	160
	Rolos Emborrachado	Puxar e comprimir o filme para evitar	Rolo não puxa o filme							Emborrachado danificado	Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10	4
					Rolos de pré arraste	Rolos de pré arraste	Comprimir o filme para manter	Falta de pressão no filme	Emborrachado danificado		Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10	4
	Rolo Xadrez	Rolo Xadrez	Auxiliar no formato							Rolo não puxa o filme	Emborrachado danificado	Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10
					Rolos de Compressão	Rolos de Compressão	Comprimir o filme para manter	Falta de pressão no filme	Emborrachado danificado			Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10
	Rolo Banana	Rolo banana	Promover esticamento do							Filme plástico apresentando estrias	Ressecamento da camada de borracha	Rolo com ranhuras	4	1	1	10	4	10
					BOBINAGEM	Tratamento Corona	Eletrodo	Eletrodo + Pastilhas	Transmissão de energia elétrica			Baixa intensidade de dinas	Caixa de acrílico danificada	Ressecamento da camada de borracha	4	1	1	10
	Rolo + Camisa do	Rolo + Camisa do	Isolar a energia do							Perda do isolamento	Ressecamento da camada de borracha			Acúmulo de impurezas no eletrodo	8	1	1	4
Rolo + Camisa do				Rolo + Camisa do	Isolar a energia do	Perda do isolamento	Ressecamento da camada de borracha	Ressecamento da camada de borracha	6			1	1	4	4	4	4	96



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626 - Marco

CEP: 66095-100 Belém - PA

www.uepa.br