

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD

FACULDADE DE ENGENHARIA – FAEN

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRUNA MARIA DE SOUZA

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO NAS
IMPRESSORAS DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS

DOURADOS-MS

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD

FACULDADE DE ENGENHARIA – FAEN

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRUNA MARIA DE SOUZA

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO NAS
IMPRESSORAS DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Produção, sob a orientação do Professor Doutor Rogério Silva Santos.

DOURADOS - MS

2017

BRUNA MARIA DE SOUZA

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO NAS
IMPRESSORAS DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rogério da Silva Santos

Orientador

Prof. Dr. Gerson Bessa Gibelli

Prof. Me. Danilo Medeiros de Castro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729m Souza, Bruna Maria De
MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: ESTUDO DE
CASO NAS IMPRESSORAS DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS
FLEXÍVEIS: Manutenção Centrada na Confiabilidade / Bruna Maria De Souza
-- Dourados: UFGD, 2017.
65f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rogério da Silva dos Santos
Co-orientador: Carlos Campartotti

TCC (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia,
Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Manutenção. 2. Confiabilidade. 3. Flexografia. 4. FMEA. 5. Manutenção Preventiva. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, depois minha família, e a todos que de alguma forma me ajudaram chegar aqui.

De uma maneira especial, quero agradecer ao professor Márcio Rogério Silva, que teve grande importância na minha formação, por seus ensinamentos, por sua humanidade, competência, profissionalismo e dedicação.

Agradeço a todos os professores pelo ensino ao longo do curso, principalmente meu orientador pelo incentivo e ajuda para conclusão deste trabalho.

RESUMO

Dentro de um sistema operacional de uma máquina, as falhas podem ser evitadas, ou minimizadas de uma maneira a reduzir perdas na produção e aumentar a qualidade do produto, e a confiabilidade do equipamento. A Manutenção Centrada na Confiabilidade possui ferramentas que podem auxiliar no processo de investigação de causas dessas falhas, auxiliando na construção de um plano de manutenção adequado para cada modo de falha das máquinas. Uma dessas ferramentas é a Análise dos Modos de Falhas e Efeitos, do original em inglês *Failure Mode and Effect analysis* (FMEA), por identificar além dos modos de falha, a sua causa e efeito, desenvolvendo um critério baseado em prioridade de risco. Este estudo surgiu da necessidade de elaborar um plano de manutenção, no setor de impressão de embalagens flexíveis, devido às falhas que estavam causando perda e atrasos na entrega do produto ao cliente. Quanto aos seus procedimentos técnicos, a pesquisa classifica-se como estudo de caso, os dados foram colhidos pelos operadores, e classificados de forma quantitativa e qualitativa. Os motivos de paradas, como borrão, anilox entupido e problemas com o clichê, foram considerados e analisados utilizando a ferramenta FMEA e o diagrama de seleção dos tipos de manutenção. O processo de impressão é considerado contínuo, e a parada deste processo para manutenção gera danos aos componentes da máquina, gerando problemas atuais e futuros, comprometendo a qualidade no produto final. Como resultado foi elaborado um plano de manutenção preventiva, já que esta evita as falhas que possam ocorrer e pode ser realizada nos tempos de setup, este plano foi focado nos componentes que causaram maiores motivos de parada, eles são clichê e anilox de uma impressora flexográfica, tarefas simples como o cuidado com manuseio e limpeza são abordados neste plano, e fazem toda diferença no resultado final.

Palavras-chaves: Manutenção; Confiabilidade; Flexografia; FMEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mudança na concepção de Falha de Equipamento	14
Figura 2 - Oito Pilares da Manutenção	21
Figura 3 - Tipos de Probabilidades Condicionais de Falhas	26
Figura 4 - Etapas do processo de MCC	28
Figura 5 - Equipe de Manutenção Centrada na Confiabilidade	29
Figura 6 - Diagrama de seleção dos tipos de manutenção	34
Figura 7 - Sistema de Impressão de Cilindro Anilox e Porta clichê	38
Figura 8 - Adaptação do modelo de FMEA	38
Figura 9 - Gráfico de Ocorrências por Máquina.....	39
Figura 10 - Gráfico Modo de Falha por Máquina	39
Figura 11 - Gráfico Ocorrência por Modo de Falha	40
Figura 12 - Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 01	41
Figura 13 - Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 02	41
Figura 14 - Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 03	42
Figura 15 - Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 04	42
Figura 16 - Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 05	43
Figura 17- - Lineatura de células anilox e clichê	44
Figura 18- Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 01.....	46
Figura 19 - Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 02.....	46
Figura 20 - Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 03.....	47
Figura 21- Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 04.....	47
Figura 22 - Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 05.....	48
Figura 23- Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 01	49
Figura 24- Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 02	50
Figura 25- Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 03	51
Figura 2 - Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 04	52
Figura 27- Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 05	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Crescimento das expectativas versus a evolução da manutenção.....	15
Quadro 2 - Determinação dos pesos das parcelas que compõem o NPR	33
Quadro 3- Classificação de Gravidade	45
Quadro 4 – Classificação de Detectabilidade	45
Quadro 5 - Plano de Manutenção Preventiva	55

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
1.2. Definição do Problema	9
1.3. Justificativa.....	9
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo Geral	10
1.5. Objetivo Específico	10
1.6. Pergunta da Pesquisa	10
Estrutura da Pesquisa.....	10
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Manutenção	12
2.2. História da Manutenção.....	12
2.3. Tipos de Manutenção.....	16
2.3.1. Manutenção Corretiva	16
2.3.2. Manutenção Preventiva	17
2.3.3. Manutenção Preditiva	18
2.3.4. Manutenção Detectiva	19
2.4. Engenharia de Manutenção	20
2.5. Ferramentas da Manutenção	20
2.5.1. Manutenção Produtiva Total	21
2.5.2. Manutenção Centrada na Confiabilidade	23
2.5.2.1 Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade	28
2.6. Análise de Modo de Falha FMEA	30
2.6.1. Diagrama de Decisão.....	34
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1. Fundamentação Metodológica.....	35
3.2. Classificação da Pesquisa	35
3.3. Procedimentos	35
3.3.1. Desenvolvimento da Pesquisa	36
3.3.2. Método de Análise de Dados.....	36

4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DADOS ANÁLISADOS	37
4.1. Resultados	39
4.2. Plano de Manutenção	54
4.3. Sugestão de Melhorias	56
5. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
ANEXOS	61

1. INTRODUÇÃO

A manutenção é uma função estratégica que aumenta a produtividade, porque esta diretamente relacionada à redução dos custos, proporcionando aumento de faturamento, melhorias na confiabilidade, disponibilidade dos equipamentos produtivos, e contribuição na competitividade das organizações (NIU, 2010).

Também é um conjunto de atividades, conhecimentos e agilidades, aplicadas em um sistema ou equipamento, para manter um estado específico de operação, ou recuperá-lo após a ocorrência de uma falha, garantir este estado de operação demanda conhecimentos específicos devido à quantidade de componentes a serem submetidos às ações de manutenção.

Visando aumentar sua competitividade através de melhorias na gestão da manutenção de seus equipamentos, as organizações têm buscado programas de manutenção como, por exemplo, a Manutenção Produtiva Total (MPT) ou a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Programas de MCC tem se indicado uma forma eficiente, para tratar questões de manutenção devido a sua abordagem racional e sistemática, o mesmo permite que as empresas consigam excelência nas atividades de manutenção, através da ampliação da disponibilidade e redução dos custos, associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições (FOGLIATO; RIBEIRO 2009).

A filosofia do MCC utiliza um critério de seleção, que prioriza as políticas de manutenção, em função do tipo de falha que um componente pode apresentar. Os quatro tipos de falhas funcionais consideradas para a seleção das políticas de manutenção são: as que afetam a segurança, a operação (aquelas que reduzem o desempenho), as não operacionais (falhas que param a operação do sistema) e as ocultas (definidas como aquelas que não manifestam sintomas de ocorrência durante a operação normal do sistema) (MOUBRAY, 2000).

Uma vez identificadas às falhas, é dado início ao processo de decisão que envolve um estudo sistemático das três práticas básicas de manutenção – corretiva preventiva e preditiva – que podem ser aplicadas no componente, a fim de minimizar sua probabilidade de falha, ao longo de um determinado período de operação.

O processo de seleção é auxiliado pelo diagrama de seleção dos tipos de manutenção, que consideram como critérios de seleção, a aplicabilidade das práticas e a

sua eficácia, para retardar ou evitar a ocorrência de um dado modo de falha, que poderia desencadear consequências graves para a operação do sistema (MOUBRAY, 2000).

A Análise dos Modos de Falhas e Efeitos, do original em inglês *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é uma metodologia sistemática que permite identificar as potenciais falhas de um sistema, projeto ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam (OLIVEIRA, 2001).

A FMEA a partir da eliminação ou mitigação de falhas potenciais, oriundas de erros de sistemas, projetos ou processos é considerada uma ação proativa, visto a mesma promover a identificação e eliminação de problemas potenciais antes que eles ocorram, possibilitando um retorno valioso para a qualidade e confiabilidade dos produtos, à organização e conseqüentemente aos clientes.

1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema tratado no presente trabalho diz respeito ao desenvolvimento de uma metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade, com a utilização da ferramenta FMEA, (Failure Mode and Effects Analysis – Análise do Modo e Efeitos de Falhas), que consiste num método de análise de falhas de produtos ou processos, com o objetivo de prever falhas indesejadas, auxiliando na tomada de decisão sobre qual plano de manutenção a empresa deve adotar, visando não atrasar pedidos para os clientes.

1.3. JUSTIFICATIVA

O estudo da Manutenção Centrada na Confiabilidade foi realizado neste trabalho, devido a perdas de matéria prima, atraso na entrega do produto aos clientes, e uma necessidade de melhorar a qualidade das impressões das embalagens, e como todas essas falhas foram encontradas no setor de impressão, o mesmo serviu de estudo para sugestão de um novo plano de manutenção.

Para o meio empresarial, utilizar um plano de manutenção como estratégia é um diferencial que irá reduzir perdas. E para o meio acadêmico é um estudo que complementa várias áreas dentro da Engenharia de Produção.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

O objetivo da pesquisa foi realizar um estudo de caso para elaborar um plano de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), baseado no estudo do sistema e subsistemas das impressoras de uma fábrica de embalagens flexíveis e das causas de atrasos na entrega dos produtos aos clientes.

1.4.2. Objetivo Específico

- Revisar a literatura, sobre o tema Manutenção Industrial e Manutenção Centrada em Confiabilidade.
- Desenvolver um plano de Manutenção Centrada em confiabilidade, utilizando a ferramenta FMEA.
- Realizar um estudo de caso dirigido em uma Indústria de Embalagens Flexíveis, localizada na cidade de Dourados/MS.

1.5. PERGUNTA DA PESQUISA

Como melhorar a confiabilidade de um sistema de impressão de embalagens de plástico flexíveis, evitando paradas por falta de planejamento de manutenção?

1.6. ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho de conclusão de curso foi estruturado da seguinte forma:
Parte 1 – Introdução do conteúdo a ser detalhado nos capítulos seguintes. Tais como mostrar qual a problemática a ser tratada, delimitando assim o campo da pesquisa e identificando quais os objetivos gerais e específicos que se pretende conseguir com a pesquisa.

Parte 2 – É constituído pela revisão bibliográfica feita sobre Manutenção Industrial. Contém uma introdução dos tópicos relevantes ao trabalho sobre Manutenção, relata a história da manutenção e como e realizada sua implantação nas indústrias em geral. Foi abordada a importância da Manutenção Centrada na Confiabilidade, sua definição e quais as técnicas necessárias para sua aplicação.

Parte 3- Neste capítulo será apresentado os procedimentos metodológicos do trabalho, explicando como será realizada a classificação da pesquisa, e as etapas para elaboração do plano de manutenção no estudo.

Parte 4- Apresenta os dados colhidos no estudo de uma Empresa de Embalagens Flexíveis, as características da empresa, e a aplicação da ferramenta (Análise de Modo e Efeitos de Falhas) e discussão dos resultados, como sugestão do melhor tipo de manutenção a ser implantado.

Parte 5- No último capítulo conclui-se sobre possíveis melhorias no setor de impressão da empresa analisada, e a importância de implantar a manutenção centrada na confiabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MANUTENÇÃO

A manutenção está se tornando uma área funcional de grande importância na maioria das organizações. O efeito da falta de manutenção atinge outras áreas funcionais, tais como produção, qualidade, estoque, marketing e recursos humanos. Este crescente papel da manutenção vem sendo refletido pelo seu alto custo, que é estimado em cerca de 30% do custo total da execução de manufatura moderna e construção nas empresas. Como tal, o planejamento de manutenção está se tornando uma parte essencial da estratégia nas organizações (MURTHY, 2002).

Ainda de acordo com o autor a manutenção não deve ser vista apenas no contexto operacional limitada a lidar com falhas dos equipamentos e suas consequências. Pelo contrário, deve ser vista de forma estratégica do negócio global em potencial e tem de ser tratada com uma abordagem multidisciplinar.

2.2. HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A evolução da manutenção está ligada à evolução humana, principalmente à luta para se criar e conservar materiais e ferramentas que, independentemente do constante desenvolvimento tecnológico, tanto os produtos como os processos possuem um ciclo de vida limitado que certamente irá interromper a sua função vital em algum momento de sua vida, daí a importância da manutenção para manter ou recuperar a sua capacidade projetada (BARACHO DOS SANTOS, 2007).

A evolução da manutenção, no contexto essencialmente de negócio voltado para a manufatura, teria se justificado economicamente com a chegada da Revolução Industrial e da máquina a vapor na segunda metade do século XVIII na Inglaterra, pois até este período, a produção era artesanal ou de bens para consumo próprio (KARDEC, 2009).

De acordo com Modak (2002), a evolução da manutenção pode ser desdobrada em três gerações, a primeira geração abrange o período até a 2ª Guerra Mundial. Naquele tempo, a indústria não era altamente mecanizada, portanto, as prevenções contra falhas de equipamentos eram simples.

Com a primeira Guerra Mundial e a implantação de produtos seriados, criada por *Ford*, as fábricas passaram a formar pequenos programas de produção e notaram a necessidade de criar equipes que pudessem realizar intervenções em máquinas operantes, de modo que o tempo de máquina parada fosse o menor possível. Assim surgiu um departamento subordinado à operação, cujo objetivo básico era a execução da manutenção hoje conhecida como Manutenção Corretiva (BARACHO DOS SANTOS, 2007).

A segunda geração começa com a 2ª Guerra Mundial. Com as pressões do período da guerra aumentaram a demanda por itens de todos os tipos, ao mesmo tempo em que a mão-de-obra industrial diminuía consideravelmente pelo fato de muitos potenciais operadores estarem em combate. Esse fato levou ao aumento da mecanização, o número de máquinas e complexidade das mesmas. A indústria começava a depender dessas máquinas, pois o tempo de inatividade delas tornou-se evidente devido o atraso da produção. Isso levou à ideia de que as falhas dos equipamentos poderiam ser evitadas, o que por sua vez, resultou no conceito de manutenção preventiva (MODAK, 2002).

Com esse fato o custo de manutenção elevou-se em comparação com outros custos operacionais, fazendo aumentar os sistemas de planejamento e controle, que hoje, é parte integrante da prática de manutenção. A alta quantidade de capital investida em itens, juntamente com o nítido aumento do custo do capital levaram profissionais a começar a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens (MODAK, 2002).

Neste aspecto, Arcuri (2005) destaca que em função da 2ª Guerra Mundial e da necessidade do grande volume de produção, as empresas passaram a se preocupar em corrigir e evitar que as falhas ocorressem através do desenvolvimento de prevenção de falhas, conhecida como Manutenção Preventiva que, juntamente com a Manutenção Corretiva, completava o quadro geral da Função, formando uma estrutura de mesmo nível hierárquico que o da Operação.

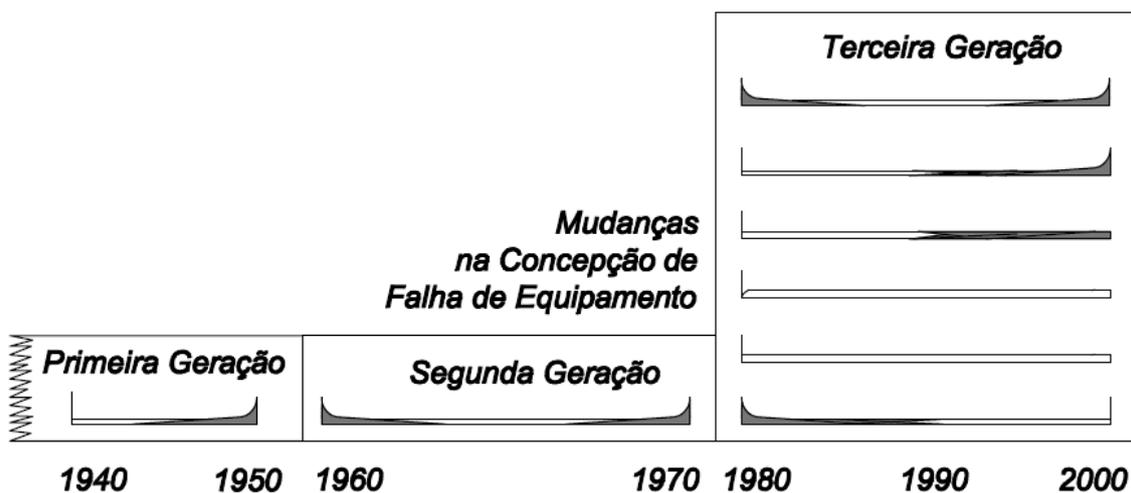
De acordo com Moubrey (2000), a terceira geração, desde meados dos anos 1970, apresenta que o processo de alteração nas indústrias pode ser classificado como novas expectativas, novas pesquisas e novas técnicas:

Novas Expectativas: Os períodos de paradas sempre afetaram a capacidade produtiva dos equipamentos, pela redução da produção, aumento dos custos operacionais e menor qualidade do serviço ao cliente. Nos anos de 1960 e 1970, estes fatos já eram uma

preocupação frequente nos setores de manufatura, onde os efeitos dos períodos de parada foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas enxutos.

Novas pesquisas: Estão alterando nossas crenças básicas sobre idade e falha, tornando-se evidente que há menos relação entre a idade operacional dos itens e a probabilidade de falharem. A Figura 1 ilustra como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que, à medida que os itens envelheciam, tinham maior probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou à crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não somente dois, porém seis padrões de falha ocorrem realmente na prática.

Figura 1 – Mudança na concepção de Falha de Equipamento.



Fonte: Moubray, 2000.

Novas Técnicas: Crescimento exponencial em novos conceitos e técnicas de manutenção, nos últimos quinze anos, e estão surgindo outros a cada ano, tais como:

Manutenção Detectiva e Manutenção Preditiva, Ferramentas de suporte às decisões, tais como estudos sobre riscos, modos de falha e análise dos efeitos e sistemas especialistas.

Além das três gerações apresentadas, há uma quarta geração iniciada a partir do ano 2000, como pode ser visualizado no Quadro 1, na qual o escopo da Manutenção tornou-se mais abrangente e efetivo junto aos processos produtivos, visto que a Manutenção passou a ter atitudes proativas com foco no negócio e a contribuir diretamente para o desenvolvimento e sustentabilidade da excelência empresarial (ARCURI, 2005).

Quadro 1- Crescimento das expectativas versus a evolução da manutenção.

Fases Evolutivas	Ambientes Predominantes	Expectativas	Políticas de Manutenção	Técnicas Empregadas
1ª Geração (1940 a 1950)	Tecnologia Simples	Reparo após pane Estabilidade da capacidade	Corretiva	Substituição de peças após pane Reparos emergenciais
2ª Geração (1950 a 1980)	Tecnologia Semi-automatizada Pouca Redundância Estoque Moderado Produtos especializados	Produtividade vida útil dos Equipamentos Menores custos	Preventiva	Substituição Sistemática Revisões gerais programadas Sistema de PCM centralizada
3ª Geração (1980 a 2000)	Tecnologia automatizada Alta redundância Estoque enxuto Sistemas complexos Altos investimentos Produtos personalizados	Rentabilidade vida útil Segurança fabril Controle dos riscos ao meio ambiente Efetividade dos processos	Preditiva TPM MCC	Monitoramento de variáveis Confiabilidade Análise de Riscos e FMEA Micro informática
4ª Geração (atual)	Tecnologia avançada Processamento contínuo Sistemas interconectados Investimentos otimizados Produtos inteligentes Engenharia de Manutenção Manutenabilidade	Alinhamento com os objetivos estratégicos Respeito aos preceitos da sustentabilidade	Proativa gestão de ativos	Redes neurais Sistemas especialistas Auto teste Autodiagnostico Wireless e Blue Tooth Multidisciplinaridade Multiespecialização

Fonte: Adaptado de Arcuri (2005)

2.3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

O processo de implantação da manutenção começa com a visão e missão global da empresa. Destes a empresa formula seus objetivos estratégicos globais, que todas as estratégias funcionais supostamente seguirão. Para a estratégia de manutenção, não se deve apenas considerar os objetivos estratégicos da empresa, mas também os objetivos estratégicos da manutenção do departamento de produção. Ao considerar as estratégias e objetivos da empresa e departamentos de produção, os objetivos estratégicos relevantes devem ser também definidos para o departamento de manutenção (KARDEK, 2009).

Segundo o mesmo autor, é considerada adequada a seguinte classificação em função dos tipos de manutenção sendo bastante atualizado em relação à norma ABNT, que serão comentadas nos tópicos seguintes.

2.3.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção corretiva, segundo Kardek (2009) é a ação para correção de falha ou de desempenho menor que o esperado. É originário da palavra “corrigir”. Pode ser dividida em duas fases:

- Manutenção corretiva não planejada: correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois, causa perdas de produção e, em consequência, os danos aos equipamentos é maior, e manutenção corretiva planejada, na qual a correção é realizada a partir de um planejamento prévio.
- Manutenção corretiva planejada: é a correção que se faz em função de um monitoramento preditivo, detectivo ou até mesmo pela decisão gerencial de se operar até ocorrer à falha. Como é uma manutenção planejada, indica que, tende a ficar com um custo menor, mais seguro e mais rápido.

A adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores (KARDEK, 2009):

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção;

- Aspectos relacionados com segurança, a falha não provoca qualquer situação de risco para o pessoal ou para instalação;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamento e ferramental;
- Existência de recursos humanos com tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que pode inclusive, ser buscado externamente a organização;

A Manutenção Corretiva é executada após uma falha funcional, e esta abordagem deve ser empregada principalmente em áreas não críticas, de modo que os custos próprios de seu impacto e suas consequências sejam pequenos, bem como a importância de não existir riscos imediatos à segurança e que a identificação e o reparo sejam executados rapidamente (MIU, 2010).

2.3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Manutenção Preventiva é a atuação realizada para reduzir falhas obedecendo a um planejamento baseado em períodos de parada para manutenção. De acordo com Xavier (2005), um dos segredos de uma boa manutenção preventiva está na determinação dos intervalos de tempo. Estes intervalos normalmente são menores que o necessário, o que implicam paradas e troca de peças desnecessárias.

Sobre o conceito de Manutenção Preventiva, define-se como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou até mesmo antes da ocorrência da falha. Esta classe de Manutenção compreende a Manutenção Sistemática, prestada a intervalos fixos e regulares ou períodos de tempo no calendário (ARCURI,2005).

De acordo com Kardek (2009), os seguintes fatores devem ser levados em consideração para adoção de uma política de manutenção preventiva:

- Quando não é possível uma manutenção preditiva.
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatória a intervenção, normalmente para substituição de componentes.
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Riscos de agressão ao meio ambiente.
- Em sistemas complexos e de operação contínua.

A Manutenção Preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for à simplicidade na reposição, quanto mais altos forem os custos de falhas, quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quantos maiores ferem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional (KARDEC,2009).

Ainda de acordo com Kardek (2009), se por um lado, a manutenção preventiva proporciona um conhecimento prévio das ações, permitindo uma boa condição de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além da previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes, por outro promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para execução dos serviços programados. Assim, possíveis questionamentos sempre serão levantados em equipamentos, sistemas ou plantas onde o conjunto de fatores não seja suficientemente forte em prol dessa política.

Outro ponto negativo com relação à manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes no equipamento devido a:

- Falha humana;
- Falha de sobressalentes;
- Contaminações introduzidas no sistema de óleo;
- Danos durante partidas e paradas;
- Falhas dos procedimentos de Manutenção;

2.3.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

A Manutenção Preditiva, também conhecida por Manutenção sobre condição ou Manutenção com Base no Estudo do Equipamento, pode ser definida da seguinte forma: É a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação da correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada (KARDEC, 2009).

De acordo com o autor objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à manutenção preditiva é o de prever as condições dos equipamentos. Ou seja, a manutenção preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a

intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com equipamento produzindo.

As condições básicas para adotar a manutenção preditiva são as seguintes:

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento /medição.
- O equipamento, o sistema ou instalação devem merecer este tipo de ação, em função dos custos envolvidos.
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

Os fatores indicados para análise da adoção de política de manutenção preditiva são os seguintes:

- Aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional.
- Redução de custos pelo acompanhamento constantes das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias.
- Manter os equipamentos operando, de modo seguro, por mais tempo.

No tocante a produção, a manutenção preditiva é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta, conforme mencionado anteriormente.

2.3.4. MANUTENÇÃO DETECTIVA

Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de produção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação da manutenção, a identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoa da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação (KARDEC, 2009).

Finalmente, no caso de plantas de processo contínuo, como indústria químicas, Petroquímicas, fábricas de cimento e outras, a intervenção na planta ou unidade específica é feita em períodos previamente programados, que são as paradas de manutenção. A grande parte dos elementos que compõem uma malha de Inter

travamento tem alto índice de confiabilidade, mas essa característica sofre distorção com o tempo, devido ao desgaste natural, vibrações e etc., provocando um aumento de probabilidade de falha ao longo do tempo. Como a verificação de funcionamento é realizada somente na Parada de Manutenção podemos garantir que a probabilidade é alta no final da campanha e baixa no início da campanha (KARDEC,2009).

Fica evidente que a mudança do status é ter o domínio da situação. Essa modificação é obtida com a manutenção Detectiva. Neste tipo de manutenção, especialistas fazem verificações no sistema, sem tira-lo de operação, são capazes de detectar falhas ocultas, e preferencialmente podem corrigir a situação, mantendo o sistema girando (KARDEC,2009).

2.4. ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Engenharia de Manutenção é o conjunto de atividades que permite o aumento da confiabilidade e a disponibilidade garantida. Ou seja, é deixar de ficar consertando problemas crônicos, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo Manutenibilidade, realizar *feedback* ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Realizar apenas manutenções corretivas irá alcançar péssimos resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, incorporando à preventiva e a preditiva, estará executando a engenharia de manutenção (XAVIER, 2005).

2.5. FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO

Varias ferramentas disponíveis e adotadas hoje em dia tem o nome e a palavra manutenção. É importante observar que essas não são novos tipos de manutenção mas ferramentas que permitem a aplicação dos seis tipos principais de manutenção. Dentre elas, destacam-se:

- Manutenção Produtiva Total (TPM) ou *Total Productive Maintenance*.
- Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) ou *Reability Centered Maintenance*.

2.5.1. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

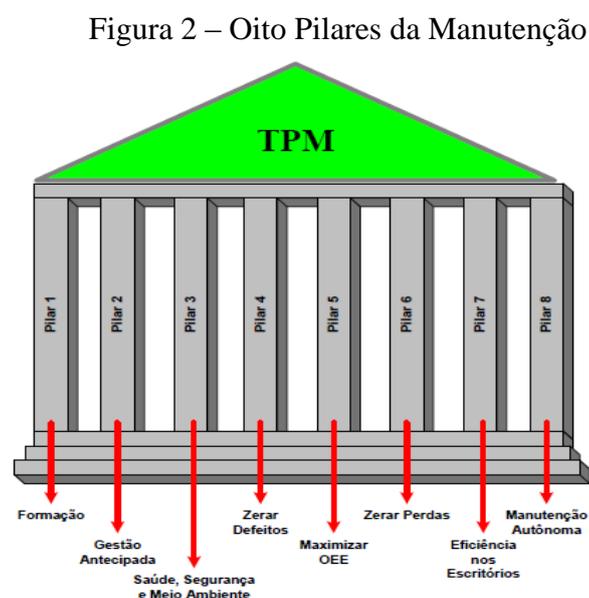
Total Productive Maintenance (TPM) ou Manutenção Produtiva Total é um conceito gerencial que tem início com a estimulação da criatividade das equipes de trabalho, estas atividades normalmente são inexploradas pelo fato dessas equipes estarem sobrecarregadas com tarefas repetitivas, mesmo assim esses profissionais possuem as condições de contribuir para a melhoria dos processos. Então à criatividade é estimulada visto que é política da empresa promover uma cultura na qual os colaboradores sintam-se como “donos” das máquinas em que atuam, aprendendo, se aperfeiçoando e assim melhorando o diagnóstico dos problemas (ARCURI, 2005).

Características da TPM conforme Kardek (2009):

- Busca por economia, sendo esta uma busca para minimizar os custos de todos os insumos e recursos disponíveis sem que com isso promova perdas para a quantidade ou qualidade dos mesmos;
- Integração total da Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva;
- Manutenção autônoma voluntária por parte dos operadores.

Ainda, segundo Kardek (2009), quando há a participação dos operadores nas operações de manutenção, torna-se mais fácil o ajuste a TPM, porém se o critério de trabalho for apenas corretivo, terá a necessidade de grandes esforços para alcançar os objetivos almejados.

Os oito pilares da TPM, de acordo com (ARCURI, 2005), estão representados a seguir na Figura 2:



O primeiro pilar tem a função de prover as mudanças organizacionais e comportamentais necessárias por meio da formação e educação básica de todos os colaboradores, criando assim uma organização que aprende. O segundo pilar baseia-se no estabelecimento de um sistema de controle e gestão antecipada que objetiva garantir a maximização do desempenho do equipamento adquirido, através de uma abordagem sistemática de especificação e retorno de informações ao projeto e fornecedores. O terceiro pilar visa a manter as áreas de trabalho organizadas, limpas e saudáveis, de modo a prevenir acidentes ergonômicos e físicos, bem como preservar o meio ambiente das influências geradas pelo parque fabril. O quarto pilar estabelece as condições para zerar o número de defeitos que afetam o produto através da aplicação do conceito de qualidade assegurada aos processos, sustentando a análise e o controle de tendências dos dados coletados e assim gerando ações de contramedidas para a correção dos problemas pela causa raiz, de tal modo que não haja a repetitividade. O quinto pilar destaca que o uso responsável do indicador OEE permite que as empresas analisem os seus processos fabris, de modo a identificar as perdas existentes através da mensuração dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, visando obter assim a quebra Zero e a melhoria dos resultados com consequente mitigação da necessidade de novos investimentos fabris. O sexto pilar sintetiza a própria essência do TPM que é o foco na eliminação de perdas. O sétimo pilar possui o objetivo de gerar velocidade e melhoria na qualidade das informações entre os setores administrativos. O oitavo pilar está relacionado ao desenvolvimento multifuncional de habilidades, através de treinamentos específicos, a fim de possibilitar atividades que agreguem funcionalidade e confiabilidade ao ativo (ARCURI, 2005).

Ainda segundo o autor a TPM aumenta a eficiência da organização de modo a maximizar o índice de eficiência global de processos produtivos com custos enxutos ao longo de seu ciclo de vida, sendo este índice de eficiência denominado de OEE do original em inglês *Overall Equipment Effectiveness*.

O Overall Equipment Effectiveness (OEE), chamado na literatura portuguesa de Eficiência Global de Equipamentos (EGE), é um exemplo de indicador utilizado para avaliar as melhorias realizadas com a prática da metodologia TPM (SANTOS, 2007). É utilizado para aferir o desempenho de equipamentos e máquinas ou o conjunto destes, possibilitando a indicação de quais recursos possuem o menor índice de eficiência e que, por isso, precisam do desenvolvimento de melhorias.

O indicador OEE é o resultado de três índices que representam a realidade do processo produtivo: disponibilidade, desempenho e qualidade. Através dos resultados de cada índice é possível ter uma visão mais objetiva das falhas que precisam ser corrigidas com maior prioridade, permitindo aos gestores reunir esforços para conduzir onde e quais melhorias deverão ser realizadas, utilizando-se das ferramentas e metodologias apropriadas.

OEE deve ser calculado em porcentagem como demonstrado pela equação matemática (1), na qual a disponibilidade dos equipamentos é calculada através da relação entre o tempo em que o equipamento está disponível para produzir e o tempo total de calendário (anual ou mensal), a taxa de desempenho é calculada através da relação entre a velocidade nominal e a de produção real dos equipamentos e a taxa da qualidade sendo calculada pelo volume de defeitos com relação ao volume total de produção (FLOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Equação 1:

$$OEE\% = \text{Disponibilidade (\%)} \times \text{Taxa de Desempenho (\%)} \times \text{Taxa de Qualidade (\%)} \quad (1)$$

Um OEE de 85% deve ser procurado como meta ideal para os processos de produção, sendo que para a aquisição deste índice é necessário que no mínimo a disponibilidade dos processos esteja na ordem de 90,4%, a taxa de desempenho esteja na ordem de 95% e a taxa de qualidade na ordem de 99% (SANTOS,2007).

2.5.2. MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Com a vinda da economia globalizada, observou-se um aumento na demanda por produtos ou sistemas com melhor desempenho a custos competitivos. Ao mesmo tempo, surgiu à necessidade de redução na probabilidade de falhas em produtos, o que resultou em uma ênfase crescente em sua confiabilidade. O conhecimento formal resultante da análise de falhas e da busca da minimização de sua ocorrência fornece uma rica variedade de contextos nos quais surgem considerações acerca da confiabilidade (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

A implantação da MCC gera melhoria da compreensão do funcionamento do equipamento ou sistema, proporcionando um aumento de conhecimentos aos participantes de especialidades diversas, desenvolve um trabalho em grupo, com

representação positivas na análise de solução de problemas e estabelecimento de programas de trabalho, desenvolvimento de mecanismos de evitar falhas que possam ocorrer espontaneamente ou causadas por atos das pessoas (KARDEK, 2009).

Ainda segundo o autor a prática de MCC proporciona as empresas uma serie de benefícios, dos quais listamos a seguir:

- Aprimoramento do desempenho operacional;
- Maior custo x beneficio;
- Melhoria das condições ambientais e de segurança;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Bando de dados de manutenção;
- Maior motivação do pessoal;
- Maior compartilhamento dos problemas de manutenção;
- Geração de maior senso de equipe;

Devido a sua abordagem racional e sistemática o programa de MCC tem sido reconhecido como forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo os custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Kardek (2009) diz que se definirmos que Manutenção é a garantia que os itens físicos continuam a cumprir as funções desejadas, a Manutenção Centrada na Confiabilidade é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional, é também uma metodologia que estuda o equipamento ou um sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas.

De acordo com Viana (2012), a MCC consiste em um processo usado para determinar os pré-requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional.

Esta técnica visa estudar as diversas formas de como um componente pode vir a falhar, visualizando através disto às ações e bloqueios a ser tomadas. A MCC se coloca como um importante instrumento para tomada de decisão gerencial, sobre quais as diretrizes da política de manutenção a serem seguidas por um processo industrial.

A MCC pode ser definida como um programa que reúne técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando funções especificadas, fornecendo disponibilidade e evitando paradas não programadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

De acordo com o autor apud Moubray (1997), existem sete questões básicas que devem ser contempladas pelos programas de MCC:

- (i) Quais Funções e padrões de desempenho esperados para os equipamentos fabris?
- (ii) De que modo os equipamentos podem falhar em cumprir suas funções?
- (iii) O que causa cada falha funcional?
- (iv) O que acontece quando cada falha ocorre?
- (v) De que forma cada falha interessa?
- (vi) O que pode ser feito para impedir ou prevenir cada falha?
- (vii) O que pode ser feito quando não pode ser estabelecida uma atividade proativa pertinente?

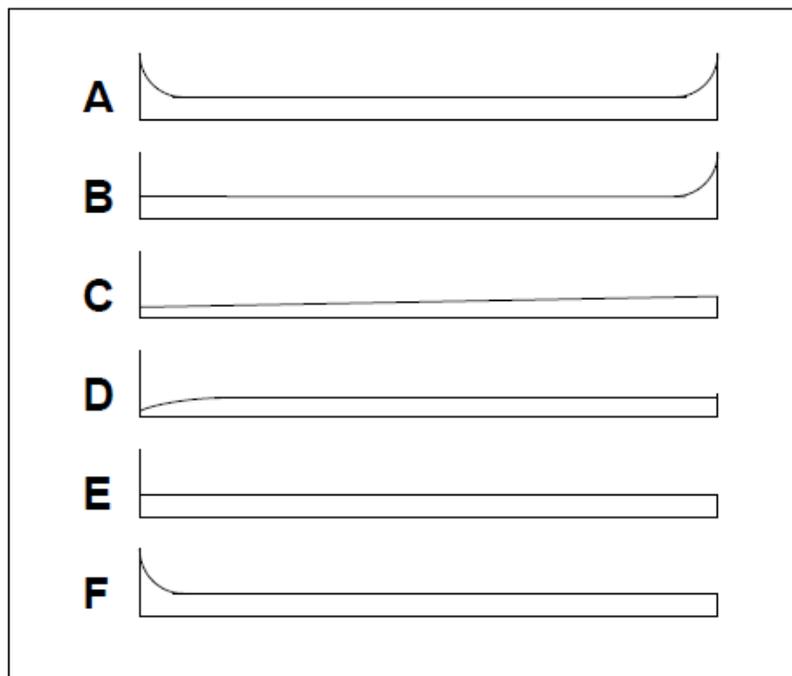
A definição das funções e padrões de desempenho dos equipamentos fabris estabelece a base de trabalho do programa MCC. Todos devem compreender o que é esperado de cada equipamento, as funções que ele deve cumprir e o padrão de desempenho que deve ser mantido durante sua vida útil. Nesse sentido, é importante entender que cada componente da planta possui funções primárias e secundárias que devem ser mantidas. Como regra geral, deve-se quantificar os padrões, quando possível, no que se refere às variáveis de produção e desempenho, característica da qualidade do produto, aspectos ligados à segurança, ao meio ambiente e aos custos operacionais (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009 ; KARDEK, 2009).

Fogliatto e Ribeiro (2009) consideram a segunda questão essencial, ela refere-se à identificação dos modos de falha, ou seja, dos modos como os equipamentos podem falhar em desempenhar suas funções. Os modos de falha correspondem a eventos possíveis de ocorrer, que caracterizam falha em cumprir uma das funções especificadas para o componente. Modos de falhas possíveis de ocorrer são aqueles que já ocorreram no passado em componentes parecidos, ou aqueles que ainda não ocorreram, mas que a equipe considera que exista uma possibilidade real de ocorrência no futuro.

Segundo Kardek (2009), o processo de MCC adota um modelo em que seis tipos de curva de falha são utilizados para caracterizar a vida dos equipamentos, na

visão do autor o conceito que quanto mais velhos os equipamentos falham não é verdadeiro, as seis curvas, mostradas na Figura 3, foram levantadas pela United Airlines em uma pesquisa de 30 anos. Quando mais complexos os equipamentos, mais encontramos os padrões D, E F.

Figura 3 – Tipos de Probabilidades Condicionais de Falhas



Fonte: Kardek, 2009.

A probabilidade condicional de falhas no tempo depende do tipo de equipamento que está em utilização. Algumas destas probabilidades, apresentadas na Figura 3, são: A) a curva da banheira, onde há uma elevada taxa de falha no momento em que o equipamento começa a operar, seguida de uma estabilização onde ocorrem falhas aleatórias e finalizada pelo aumento considerável das falhas devido à fadiga e ao desgaste; B) taxa de falhas constante, com crescimento acentuado no final do período devido a falhas relacionadas à idade, normalmente explica o comportamento de equipamentos mecânicos; C) taxa de falhas levemente crescente com o tempo; D) taxa de falha baixa no início da vida do equipamento, seguida de taxa de falha constante; E) taxa de falha constante durante toda a vida do equipamento, normalmente explica o comportamento de equipamentos eletrônicos; F) taxa de falha elevada no início da vida do equipamento, com decréscimo acentuado e estabilização das falhas (KARDEK, 2009).

Fogliatto e Ribeiro (2009) define que as ações preventivas não são direcionadas aos modos de falha e sim as suas causas, uma importante preocupação dos programas de MCC é a identificação de causas de cada falha funcional. As causas da falhas devem ser identificadas em suficiente detalhe para assegurar que as ações sejam dirigidas a raiz do problema e não os sintomas que ele apresenta. O envolvimento dos operadores, técnicos e mecânicos, que conhecem o dia a dia dos equipamentos, é fundamental para a exata identificação das causas. Os fabricantes dos equipamentos também possuem experiência de campo acumulada e, comumente, constituem outra importante fonte de informação.

Além de identificar as causas das falhas, é importante reconhecer seus efeitos, explicitando o que acontece quando cada falha ocorre. Nesse sentido, a MCC aborda: (i) o que pode ser observado quando a falha ocorre, (ii) o tempo que o equipamento irá permanecer parado na eventualidade da ocorrência da falha, (iii) os dados que a falha pode acarretar, incluindo possibilidade de perdas materiais, humanas ou ambientais e (iv) o que pode ser feito para reparar a falha (FOGLIATTO E RIBEIRO, 2009).

Continuando com a análise de falhas, deve ficar claro de que forma cada falha interessa. Uma planta industrial, em geral, possui centenas de modos de falha passíveis de ocorrer. Cada um desses modos de falha irá afetar a organização de um modo diferente. De modo geral, as consequências das falhas podem ser classificadas em cinco grupos: (i) consequências escondidas, que não possuem impacto imediato, mas expõem a organização a outras falhas que pode ter consequências graves; (ii) consequências para a segurança, que pode machucar ou matar pessoas; (iii) consequências ambientais; (iv) consequências operacionais; e (v) outras consequências que não podem ser classificadas em nenhum dos grupos anteriores, de forma que envolvem apenas o custo direto de reparo. No âmbito da MCC, a consequência da falha é o aspecto-chave que orienta as ações preventivas, definindo a prioridade e intensidade das ações (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Segundo o autor, após conhecidas às consequências das falhas o próximo passo é identificar o que pode ser feito para prevenir ou impedir cada falha. De forma ampla, a gestão de falhas envolve tarefas proativas e tarefas reativas. Tarefas proativas são conduzidas anteriormente a ocorrência de falhas, visando impedir que um componente falhe, e tarefas reativas envolvem lidar com componentes que apresentam falhas.

Por fim, a MCC contempla planejar o que deve ser feito quando não pode ser estabelecida uma atividade proativa pertinente. Nesses casos em que a consequência da

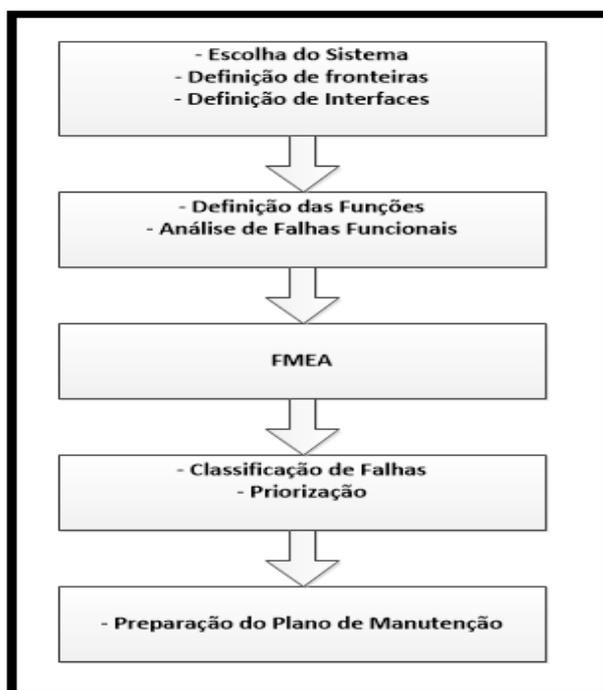
falha é considerada grave e não é possível tentar atividades preventivas ou preditivas, pode ser necessário tentar atividades de procura de falhas, que é uma atividade que envolve uma verificação periódica de funções escondidas, para determinar se elas não apresentam falha, ou decidir pelo redesenho de subsistemas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

2.5.2.1. APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A implantação de qualquer processo nas organizações deve ser apoiada pela alta gerência, de modo que haja comprometimento e sejam aportados os recursos necessários, por que a MCC também como outros processos, requer a participação de todos os níveis da organização (KARDEK, 2009).

De acordo com o autor as etapas para o processo de RCM são representadas na Figura 4 a seguir.

Figura 4- Etapas do processo de MCC.

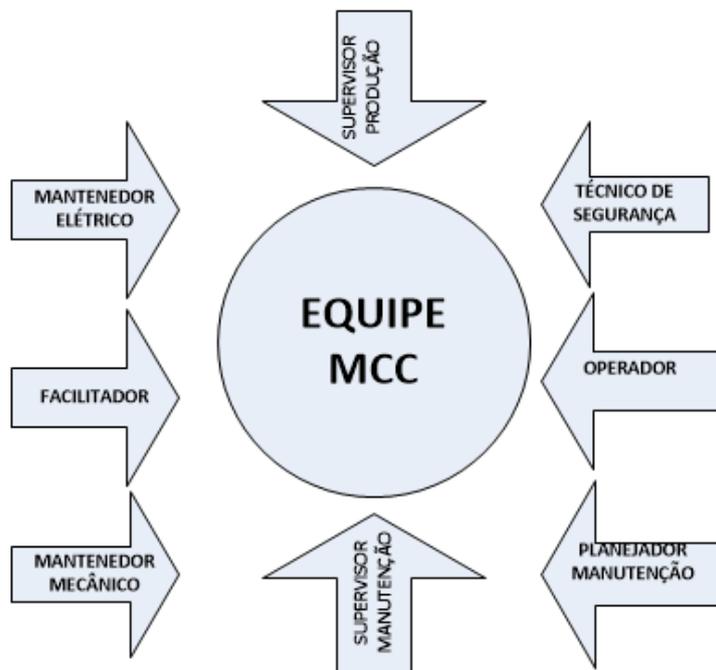


Fonte: Kardek, 2009.

Segundo o Viana (2012), o primeiro passo para a implantação de um trabalho baseado na MCC é a seleção de um sistema operacional a ser estudado. O passo seguinte é a formação de uma equipe de manutenção, onde devera se fazer presente um

representante de cada área que tenha influencia sobre o sistema escolhido, sendo coordenados por um facilitador que possua conhecimentos na área da filosofia no MCC, a figura 5 apresenta como essa equipe pode ser formada.

Figura 5 – Equipe de Manutenção Centrada na Confiabilidade.



Fonte: Viana, 2012

De acordo com Kardek (2009), esse grupo deve possuir as seguintes características:

- Grupo pequeno;
- Habilidades complementares;
- Propósito comum;
- Conjunto de objetivos de desempenho, normalmente traduzidos por indicadores;
- Conjunto de princípios comuns a outros da planta;
- Responsabilidade mútua;

Montada a equipe de MCC, ela buscará o alcance dos quatro objetivos da Manutenção Centrada em Confiabilidade, segundo Viana, 2012 apud (Smith, 1997):

- 1- Preservar as funções do Sistema;
- 2- Identificar modos de falha que influenciem tais funções;
- 3- Identificar a importância de cada falha funcional;
- 4- Definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais;

De acordo com o mesmo, para chegar à concretização destes quatro objetivos, deve-se desenvolver o trabalho de MCC seguindo os seguintes passos:

- Seleção do Sistema de Levantamento de Dados;

Escolher o sistema a ser estudado e verificar quais os tipos de dados esse sistema oferece para o acompanhamento da produção.

- Definição das Fronteiras do Sistema;
- Descrição do Sistema e Subsistemas;
- Identificação das Funções e Falhas Funcionais;

Realizar um levantamento histórico de manutenção dos equipamentos, pois desta forma teremos um bom balizador para análise, após esta etapa deve-se especificar as funções de cada subsistema, e as possíveis falhas funcionais dos mesmos (VIANA, 2012).

2.6. ANÁLISE DE MODO DE FALHAS (FMEA)

O FMEA (Failure Mode and Effects Analysis – Análise do Modo e Efeitos de Falhas) consiste num método para análise de falhas em processos e produtos, com o objetivo de prever efeitos indesejados, possibilitando a tomada de decisão de forma antecipada, identificando e priorizando ações que impeçam a existência efetiva destes efeitos (VIANA, 2012).

Ainda segundo o autor, a escolha do FMEA é devido a sua abordagem do problema a partir da causa para o efeito; soma-se a esta características a de documentar os passos das análises, com isso satisfazendo a necessidade de registros que a MCC requer. O método de análise de falha em questão, auxiliará a equipe de MCC a determinar todos os modos de falhas possíveis, bem como suas consequências, a equipe chegará à indicação da criticidade de cada falha, e identificação dos componentes que devem ser submetidos a análise do MCC.

Segundo Kardek (2009), FMEA no processo focaliza como o equipamento é mantido e operado, alguns dos principais conceitos necessários para a análise são:

- CAUSA – é o meio pelo qual um elemento resulta em um modo de falha.
- EFEITO – é uma consequência adversa para o consumidor ou usuário.
- MODOS DE FALHA- são categorias de falhas que são normalmente descritas.

- FREQUÊNCIA- é a probabilidade de ocorrência da falha.
- GRAVIDADE DA FALHA- indica como a falha afeta o usuário ou o cliente.
- DETECTABILIDADE- indica o grau de facilidade de detecção da falha.
- ÍNDICE DE RISCO OU NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO
NPR- é o resultado do produto da frequência pela gravidade da falha pela Detectabilidade. Esse índice resulta na prioridade de risco de falha.

$NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$

Para determinação dos pesos das parcelas que compõem o NPR, as recomendações baseadas em experiências empresas são apresentadas no quadro na página a seguir:

Quadro 2 – Determinação dos pesos das parcelas que compõem o NPR

-	Classificação	Peso
Frequência da Ocorrência	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade da Falha	Apenas perceptível	1
	Pouca Importância	2 a 3
	Moderadamente Grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectabilidade	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
Índice de Risco NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Fonte: Kardek, 2009.

Na determinação da taxa de risco de falha de um componente particular de um equipamento, o grupo deve adotar a seguinte sequência:

- a) Isolar e descrever o modo de falha potencial;
- b) Descrever o efeito potencial de falha;
- c) Determinar a frequência, a gravidade e a Detectabilidade da falha;
- d) Determinar o Número da prioridade de risco NPR;
- e) Desenvolver planos de ação para eliminar ou corrigir o problema potencia;

2.6.1. DIAGRAMA DE DECISÃO

De acordo com Viana (2012), o diagrama de decisão tem o objetivo de partir das características dos modos de falhas e suas consequências no processo define as ações preventivas aplicáveis à falha, e pode estipular as seguintes ações passíveis de serem aplicadas:

MP - Manutenção preventiva;

MP – Manutenção preditiva;

MC- Manutenção corretiva, intervir apenas depois da quebra;

EM- Engenharia de Manutenção.

Para aplicação do diagrama é necessário um estudo das falhas com indicação MC, pois com isso a equipe de MCC evita um julgamento equivocado.

A Figura 6 ilustra um diagrama de decisão.

Figura 6 – Diagrama de seleção dos tipos de manutenção.



Fonte: Kardek, 2009.

3. PRODEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Metodologia é uma forma de selecionar técnicas, forma de avaliar alternativas para a ação científica. Assim enquanto as técnicas são utilizadas por um cientista são fruto de suas decisões, o modo pelo qual suas decisões são tomadas depende de suas regras de decisão. Metodologia é uma regra de escolha e técnicas são suas próprias escolhas (LAKATOS; MARCONI, 2011).

3.2. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto a sua natureza, esta pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada, onde o objetivo é gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida a solução de problemas específicos. Quanto à forma de abordagem do problema, esta pesquisa classifica-se como pesquisa mista. A pesquisa mista é uma abordagem de investigação que combina as formas qualitativas e quantitativas, envolve duas abordagens em conjunto.

Este presente trabalho pesquisou o número do déficit de horas de acordo com o tempo estipulado para impressão de embalagens plásticas flexíveis e investigou o porquê dessas horas de atraso de acordo com os motivos de parada de manutenção, e assim irá propor um plano de manutenção centrada na confiabilidade para resolver o problema.

Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito (CRESWELL, 2010).

3.3. PROCEDIMENTOS

Quanto ao procedimento o presente trabalho envolveu levantamento bibliográfico, que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos e teses. Quanto aos seus procedimentos técnicos, esta pesquisa classifica-se como estudo de caso, pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um

conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo. A coleta de dados e sua análise se deram da mesma forma que nas pesquisas de campo, porém não precisa ser necessariamente aplicado (SEVERINO, 2013).

3.3.1. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa de embalagens plásticas flexíveis no setor de impressão, foram colhidos os dados das ocorrências de paradas não programadas de cinco impressoras e o tempo de duração da manutenção das mesmas, juntamente com os motivos de cada parada, a coleta de dados foi realizada pelos operadores das impressoras e equipe de manutenção.

3.3.2. MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram analisado através da ferramenta FMEA e diagrama de seleção dos tipos de manutenção, e a partir destes será elaborado um planejamento de manutenção com a finalidade de evitar paradas não programadas.

4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DADOS ANALISADOS

A Empresa estudada é uma Indústria de Embalagens Flexíveis, esta instalada na cidade de Dourados e atua no mercado de embalagens plásticas flexíveis desde 1989, produzindo para mais de oitenta empresas nos ramos de cereais, achocolatados, cafés, massas secas, "snack's", biscoitos, laticínios (leite, mussarela, queijo ralado e leite em pó), "liners" para fitas adesivas, ração animal e agroquímicos.

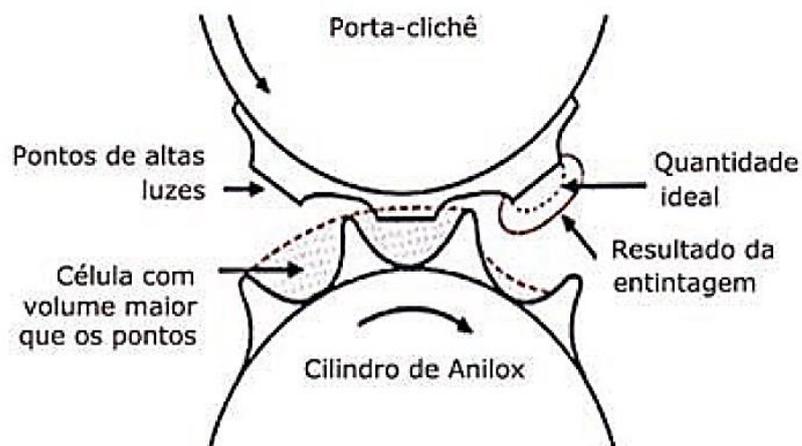
Para atender estes diversos setores da indústria alimentícia a fábrica utiliza filme técnico coextrusado em três camadas para empacotamento automático, o processo de impressão pode ser feito em até oito cores, sacos plásticos laminados especiais, filme técnico laminado e filme de média e alta barreira, produzidos com nylon bioorientado, permitindo a linha de produtos de geladeira, melhorando a qualidade de conservação e maior tempo de prateleira.

A empresa produz embalagens plásticas desde o processo de extrusão, a produção de plásticos é feita com polímeros de acordo com a embalagem do pedido do cliente. Os plásticos são transferidos para bobinas, que vão para o setor de impressão.

O sistema escolhido para estudo é o de impressão, por ser o setor que causa atrasos na entrega para os clientes. A empresa trabalha com cinco impressoras flexográficas, as impressoras são formadas por um rolo de borracha que passa a tinta à matriz, e um cilindro porta matriz (anilox), onde é montado o clichê de borracha.

A flexografia é uma maneira de impressão, com chapa em relevo rotativa, feita de clichê de borracha ou foto polímero com imagens impressas em tinta líquida a base de água ou solvente, de secagem rápida, a área a ser impressa fica em relevo (clichê), quando a superfície dele é entintada, a área em volta, por ser mais baixa não recebe tinta, conseqüentemente, não imprime. A tinta é transferida do clichê para o filme de embalagem flexível (ABTG, 2008).

Figura 7- Sistema de Impressão de Cilindro Anilox e Porta clichê.



Fonte: ABGT, 2008.

O anilox é um componente da impressora, tem como função dosar a quantidade de tinta que será depositada no clichê (ABGT, 2008).

A análise dos dados foi realizada de acordo com a sequência de trabalho para elaboração do quadro FMEA, análise de modo e efeitos de falha, isolando o modo de falha, descrevendo o efeito potencial e determinando a frequência, gravidade e Detectabilidade, o número de prioridade de risco NPR.

Para determinar as notas de gravidade adotado como mais grave as falhas que causam parada na produção, e Detectabilidade das falhas com maior visibilidade para o cliente.

Figura 8- Adaptação do modelo de FMEA

FMEA -ANALISE DE MODO E EFEITO DE FALHA									
ÁREA: Setor de Impressão									
Sistema: Impressora Flexográfica Máquina x									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	Ocorrência (o)	Gravidade (g)	Detectabilidade (d)	Risco (RPN) (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Componente									

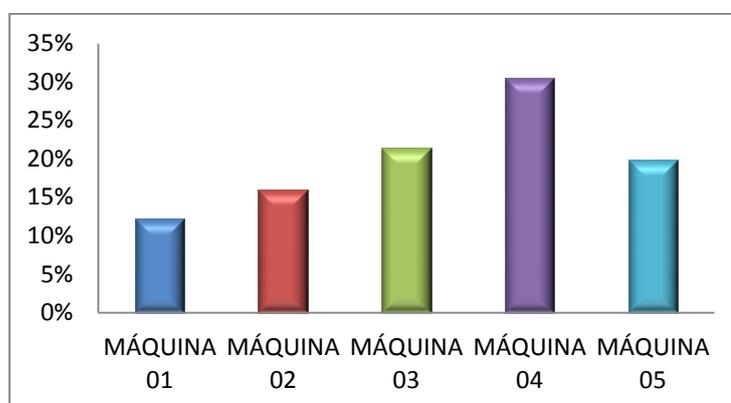
Fonte: Kardek (2009)

4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados foram colhidos pelos operadores das máquinas durante seus turnos de trabalho, anotando todos os motivos de parada de produção e o tempo realizado para realizar as manutenções, no período de 15 dias.

As ocorrências foram organizadas em cinco tabelas, uma para cada impressora, gerando no total, 131 motivos de parada de produção, sendo o maior registro de ocorrências na máquina 04, com 31% do total de ocorrências, a máquina 03 com 21%, a máquina 05 com 20%, a máquina 02 com 16% e a máquina 01 com 12 % de ocorrências.

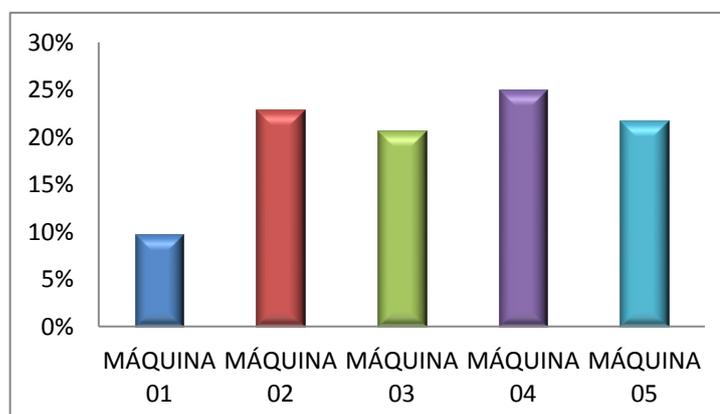
Figura 9 – Gráfico de Ocorrência por Máquina



Fonte: Próprio autor, 2016.

Para a FMEA foram adotadas somente as ocorrências que diz respeito a modo de falhas de componentes das máquinas de impressão, problemas de operários faltosos, logística e os tempos de reacerto de máquina, não estão incluídos na ferramenta, devido à priorização de falhas de acordo com a Figura 4 desde trabalho.

Figura 10- Gráfico Modo de Falha por Máquina



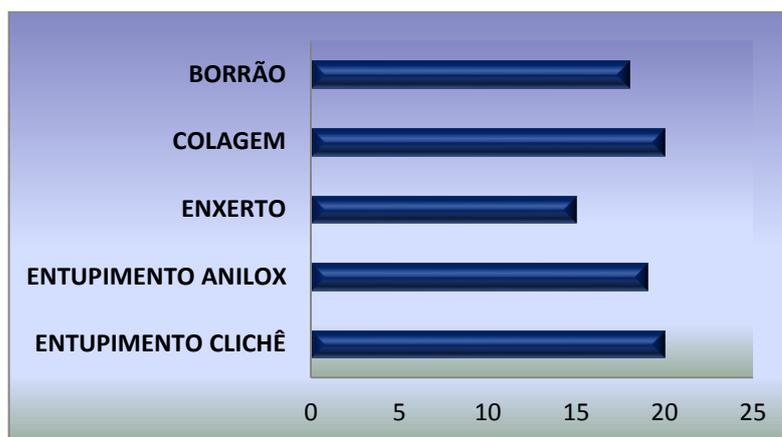
Fonte: Próprio autor, 2016.

Sendo assim, foram feitos cinco quadros FMEA, uma para cada máquina, os componentes com registro de ocorrência no anilox e clichê. Primeiramente foi feita a análise do número de ocorrência por modo de falha, que foi de 92 ocorrências, a máquina com maior registro foi à máquina 04 com 25% do total de ocorrências, máquina 02 com 22,8%, máquina 05 com 21,7 %, máquina 03 com 20,6 % e máquina 01 com 9,8%.

De acordo com a figura 10 vemos que a máquina 04, continua com o maior número de modos de falha.

Antes de uma arte ser aprovada, é feita uma impressão de teste, e nela é que são identificadas as falhas que a impressora esta apresentando. Sendo assim, continuando com a investigação, foi contabilizado quais os tipos de modo de falha foram os mais registrado nos dias que os operários colheram os dados.

Figura 11 – Gráfico Ocorrência por Modo de Falha

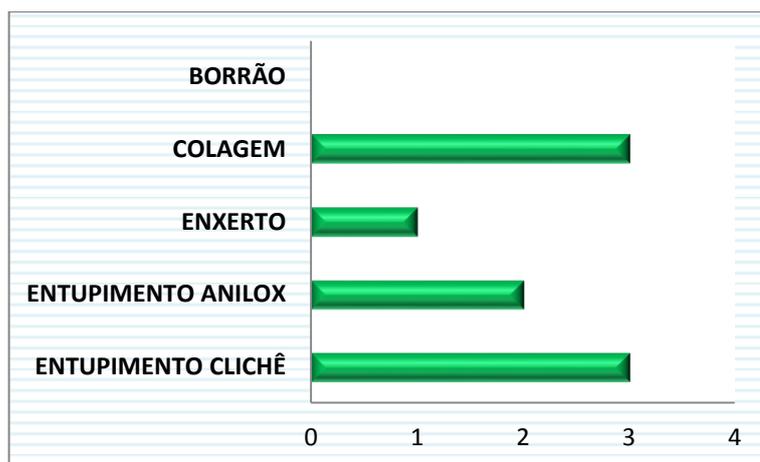


Fonte: Próprio autor, 2016.

Observando a figura 11 de maior número de ocorrência foi de entupimento de com 20 registros, e problemas na colagem de clichê com 20 registros, no decorrer da análise estaremos investigando o motivo de cada um dos modos de falha.

Investigando de uma forma mais detalhada, vamos analisar as ocorrências de modo de falha por máquina, e assim poder observar nas próximas figuras, quais tipos de falhas estão ocorrendo em cada equipamento.

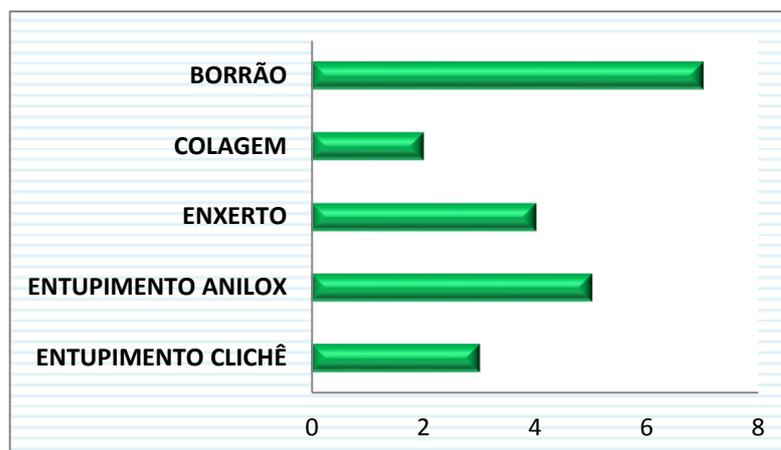
Figura 12 – Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 01



Fonte: Próprio autor, 2016.

Na máquina 01 as maiores ocorrências são de colagem errada de clichê, e entupimento de clichê. A falha na colagem acontece, quando não é realizada uma limpeza adequada no cilindro, que não pode estar com nenhum tipo de sujeira, uso inadequado de lixas e estiletes, danificando o poliéster, e a criação de bolhas ao aplicar a fita dupla face, essa falha tem como consequência, manchas, sujeiras e uma imagem fora de registro. Dependendo do nível de qualidade exigido pelo cliente, embalagens com esses tipos de falha não são aceitos, causando a perda de todo o material de produção.

Figura 13 – Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 02

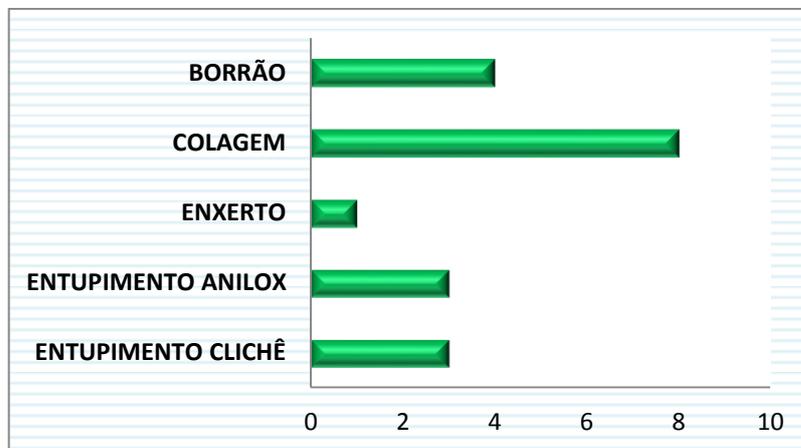


Fonte: Próprio autor, 2016.

De acordo com a figura 13, o borrão é tem o maior número de ocorrência na máquina 02, esta falha ocorre quando as pontas do clichê descolam do cilindro, devido ao contato de solvente com a fita adesiva que prende estas pontas ao limpar a máquina

durante a impressão. O borrão compromete a arte da embalagem, e tem que haver uma parada na produção para troca de fita dupla face.

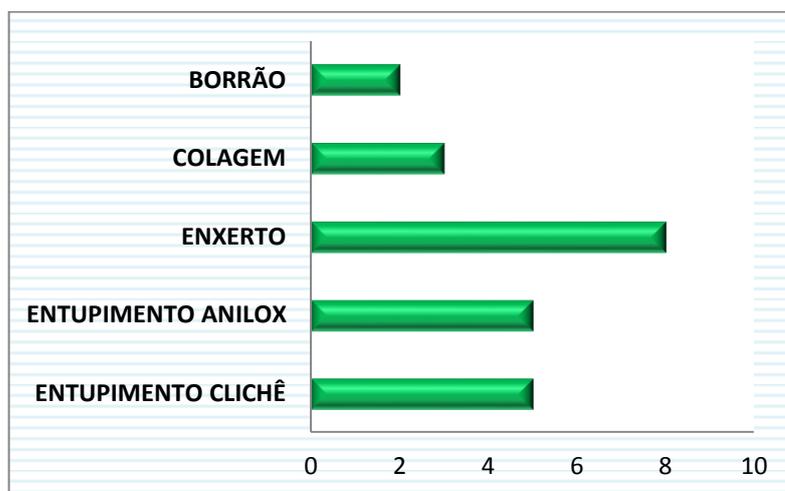
Figura 14 – Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 03



Fonte: Próprio autor, 2016.

Na máquina 03 da figura acima, observamos que a colagem e borrão continuam sendo os com maior ocorrências, esses modos de falha podem ser considerados como uma falha humana, porque a causa dos dois problemas é consequência de falta de treinamento e de cuidado ao montar o clichê, e ao limpar ele durante a impressão.

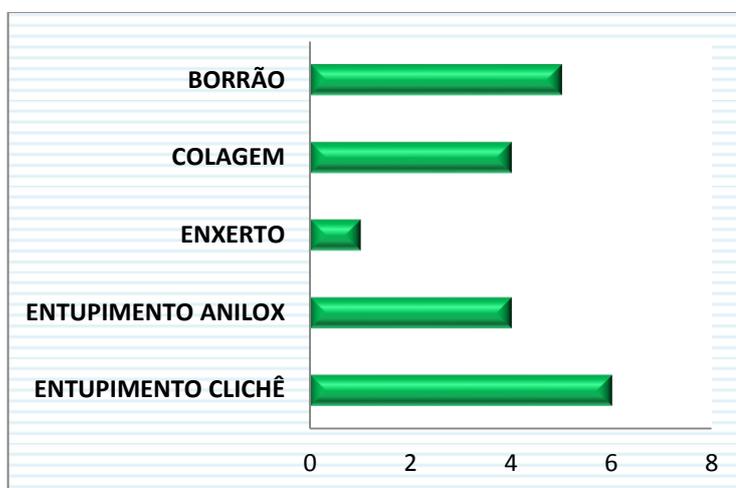
Figura 15 – Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 04



Fonte: Próprio autor, 2016.

De acordo com a figura 15, o enxerto esta com maior número de ocorrência, ele ocorre quando a arte impressa não esta de acordo com o pedido do cliente, isso pode ocorrer devido a erro na construção do clichê na clicheria (local onde são fabricados). Esta falha causa parada na produção para que seja feita a correção da imagem em alto relevo (enxerto), causando primeiramente a danificação do poliéster do clichê. O tempo parado que a máquina e os operados esperam a correção, se torna atraso na entrega para o cliente, e o anilox pode entupir devido à espera com tinta parada no seu interior.

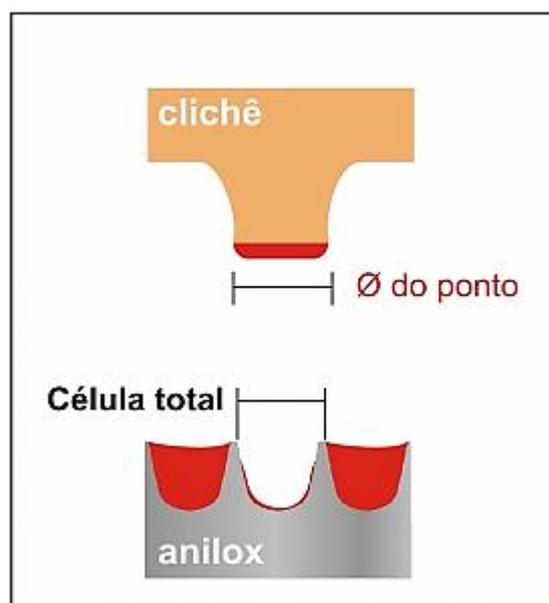
Figura 16– Gráfico de Ocorrência por Modo de Falha da Máquina 05



Fonte: Próprio autor, 2016.

Na máquina 05 vemos que as maiores ocorrências são de entupimento de clichê, anilox e borrão (já mencionado na máquina 02). O entupimento de clichê ocorre devido a Lineatura, quantidade de pontos por centímetro, de o anilox ser menor que o ponto do clichê, causando excesso de tinta, o ponto do clichê ficara menor que a célula do anilox, provocando o esmagamento da impressão, imagens deformadas e sem borda, o chamado efeito squash. Já no caso contrário, quando o ponto do clichê é menor que a célula do anilox, as laterais do ponto se sujam, acumulando a tinta e vazando para as laterais, levando o operário limpar o clichê durante a impressão. Os desenhos deformados causados por essa falha são considerados perdas para produção.

Figura 17- Lineatura de células anilox e clichê.



Fonte: Edmilson de Sousa, 2011.

O entupimento do anilox pode ocorrer por dois motivos: parada no fornecimento de tinta e falta de limpeza. Quando o processo de impressão termina, o anilox deve ser limpo com o solvente imediatamente, para que restos de tintas não encrustem dentro das células facilitando o entupimento. Como a tinta utilizada é de secagem rápida, uma parada inesperada na produção pode causar consequentemente o entupimento devido à tinta que fica parada dentro da célula. Se o anilox está entupido, a impressora não imprime, então tem que fazer uma parada na produção para troca de anilox.

O problema de entupimento de anilox ocorreu 19 vezes numa pesquisa de 15 dias, ou seja, pelo menos um anilox por dia foi para manutenção por entupimento, isso causou um problema logístico, causando atraso na produção por espera de anilox.

Para continuar construindo a ferramenta FMEA, depois de analisar as causas e efeitos dos modos de falhas, vamos estudar e classificar a gravidade de cada uma delas, para isso atribuímos as notas do quadro 2, de 7 a 8 as falhas são consideradas graves e de 9 a 10 são extremamente graves. A gravidade foi classificada de acordo com a maior perda de matérias, e atrasos de produção.

Quadro 3- Classificação de Gravidade

GRAVIDADE	
Modo de Falha	Classificação
Entupimento de Clichê	7
Entupimento de Anilox	9
Enxerto	10
Colagem	8
Borrão	7

Fonte: Próprio autor, 2016.

A Detectabilidade é classificada de acordo com a causa potencial da falha, com peso de 1 para alta e 5 para moderada, no entupimento de clichê, de anilox e enxerto, a arte é inteiramente comprometida e não tem como negociar com o cliente, já na colagem e borrão algumas partes da impressão podem dar continuidade no processo de laminação, e pode ser feito um acordo com o cliente.

Quadro 4 - Classificação da Detectabilidade

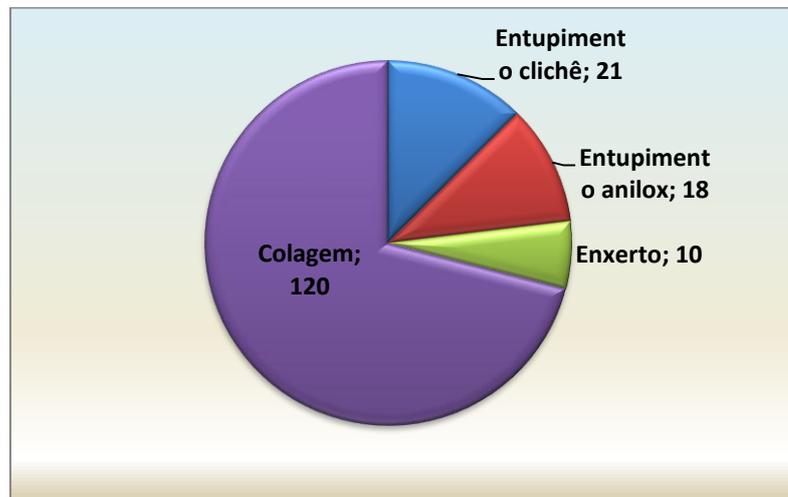
DETECTABILIDADE	
Modo de Falha	Classificação
Entupimento de Clichê	1
Entupimento de Anilox	1
Enxerto	1
Colagem	5
Borrão	5

Fonte: Próprio autor, 2016.

Multiplicando as ocorrências pela gravidade e detectabilidade, foi calculado o número de prioridade de risco (NRP), que indica as prioridades de manutenção, ou seja, quais as prioridades de manutenção. Analisando os NPR por máquina podemos observar que cada máquina tem uma urgência de manutenção diferente, como mostram as figuras, 18, 19, 20, 21 e 22 a seguir.

Os gráficos das figuras serviram para uma tomada de decisão, no sentido de qual modo de falha será iniciado o plano de manutenção, que será elaborado neste trabalho.

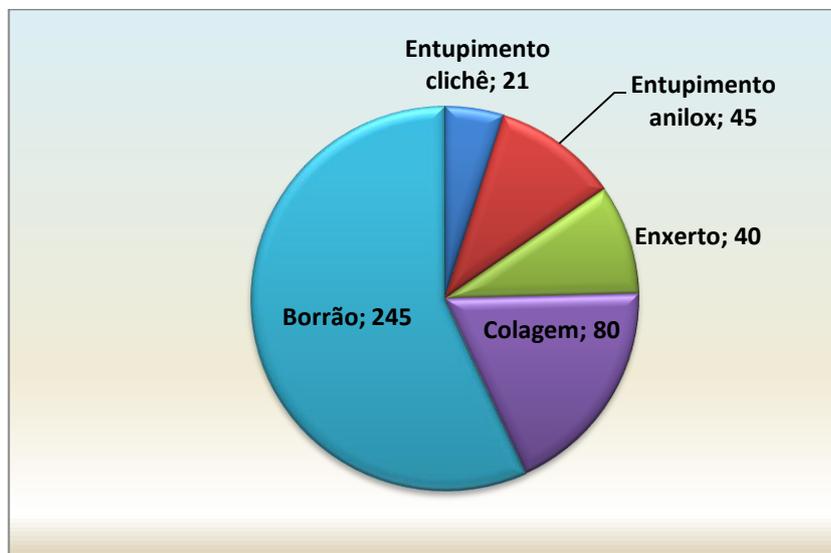
Figura 18 – Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 01.



Fonte: Próprio autor, 2016.

De acordo com a figura 18, o primeiro tipo de falha a ser considerado no plano de manutenção será o de colagem, para que depois sejam tratados dos outros problemas.

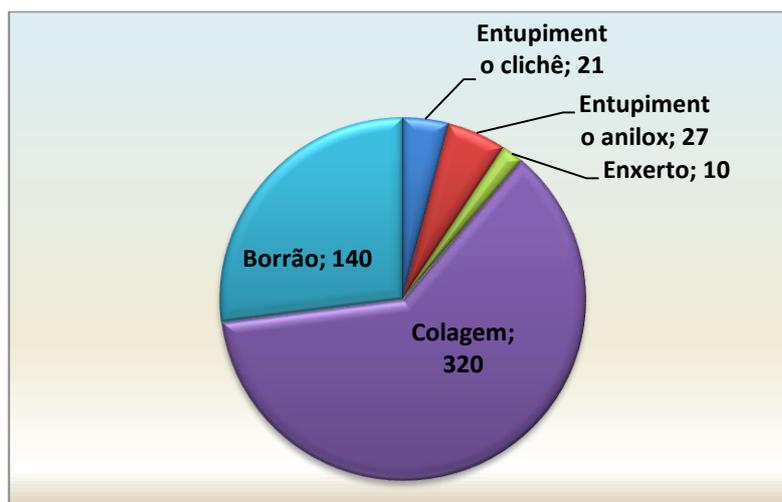
Figura 19 – Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 02.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Já para as máquinas 05 e 02 os maiores índices é de borrão, ele causa comprometimento na arte da embalagem, e é causado por contato do solvente com a fita dupla face, ao limpar o excesso de tinta do clichê durante a impressão, isso pode ser solucionado com treinamento para que essa operação não comprometa a qualidade final da embalagem.

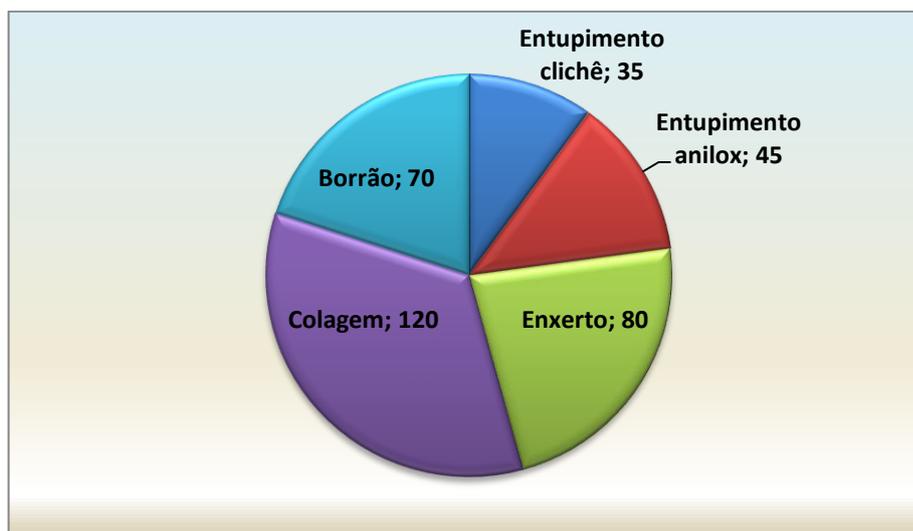
Figura 20 – Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 03.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Analisando primeiramente os maiores índices de risco, e utilizando o diagrama de Seleção dos Tipos de Manutenção, vemos que a falha com maior índice é a de colagem da máquina 03, com o efeito de manchas, sujeiras e imagem fora do registro. É possível controlar essa condição realizando uma limpeza na superfície do cilindro antes de colar o clichê, evitar o uso de lixa ou estiletes, e não deixar criar bolhas na aplicação da fita dupla face.

Figura 21 – Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 04.

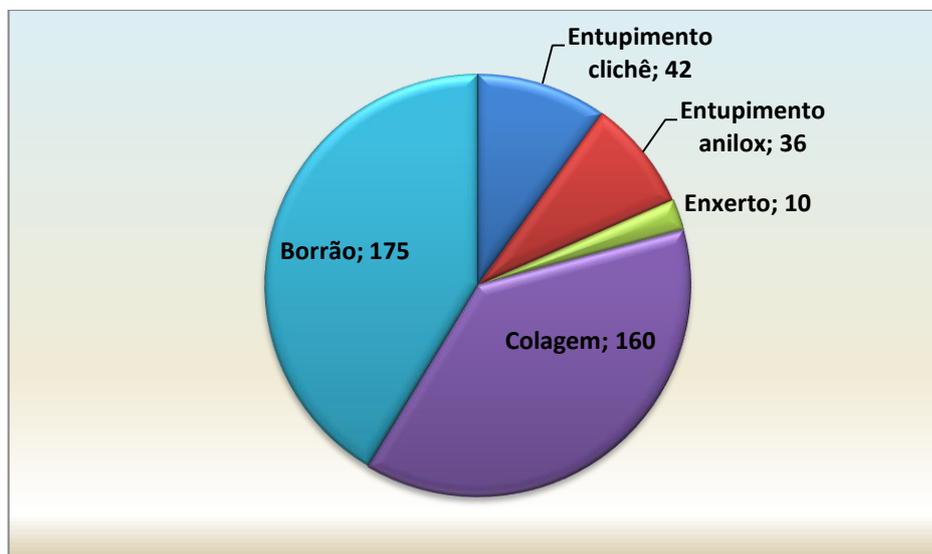


Fonte: Próprio autor, 2016.

Na máquina 04 as principais falhas são colagem e enxerto. Enxerto na verdade é uma parada na produção da máquina, porque o desenho da matriz clichê está errado, então a matriz vai para clicheria, local onde foi produzida, para reparos, este processo geralmente é demorado, então a máquina fica parada podendo comprometer o anilox

por entupimento. Este problema pode ser evitado com a supervisão na construção do clichê, para que ele seja de acordo com o pedido do cliente, e também com cuidados ao manusear e limpar essa matriz.

Figura 22– Gráfico Número de Prioridade de Risco da Máquina 05.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Podemos observar na figura 22 que a máquina 05 tem maior valores nas falhas de borrão e colagem, problemas que dever ser tratados no plano de manutenção de forma conjunta.

E assim como mostra as figuras anteriores, foi estudado o processo de impressão e os motivos de parada ou falhas, depois foi feita uma investigação dos motivos de cada falha e o qual era a ação corretiva para resolução do problema, depois de contabilizado o número de ocorrência, foi feita a classificação das falhas e calculado o número de prioridade de risco, e assim conseguimos elaborar o quadro FMEA, utilizando os números de prioridade de risco para elaborar um plano de manutenção, de acordo com os critérios do Diagrama dos Tipos de Manutenção.

Figura 23 – Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 01

FMEA -ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA ÁREA: Setor de Impressão Sistema: Impressora Flexográfica Máquina 01									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	(o)	(g)	(d)	Risco (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Anilox	Dosar tinta no clichê	Entupimento de clichê	Lineatura de anilox menor que de clichê	Esmagamento na impressão, desenho deformado e sem bordas	3	7	1	21	Troca de Anilox
		Entupimento do anilox	Parada no fornecimento de tinta durante a produção e limpeza incorreta	Parada na produção para troca ou limpeza	2	9	1	18	Limpeza programada de anilox
Clichê	Matriz de impressão	Enxerto	Pedido do cliente não está de acordo com a arte impressa	Parada na produção e danificação do poliéster	1	10	1	10	Verificar se a arte do pedido está de acordo com o a do cliente
		Colagem	Sujeira na superfície do cilindro, bolha ao fita dupla face e danificação por uso de estiletes e lixas	Manchas, sujeiras e imagens fora de registro	3	8	5	120	Limpeza correta de anilox, não utilizar estiletes ou lixas durante a limpeza, treinamento para colagem de dupla face.

Fonte: Adaptação, Kardek, 2009.

Figura 24 – Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 02

FMEA -ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA ÁREA: Setor de Impressão Sistema: Impressora Flexográfica Máquina 02									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	(o)	(g)	(d)	Risco (RPN) (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Anilox	Dosar tinta no clichê	Entupimento de clichê	Lineatura de anilox menor que de clichê	Esmagamento na impressão, desenho deformado e sem bordas	3	7	1	21	Troca de Anilox
		Entupimento do anilox	Parada no fornecimento de tinta durante a produção e limpeza incorreta	Parada na produção para troca ou limpeza	5	9	1	45	Limpeza programada de anilox
Clichê	Matriz impressão	Enxerto	Pedido do cliente não está de acordo com a arte impressa	Parada na produção e danificação do poliéster	4	10	1	40	Verificar se a arte do pedido está de acordo com o a do cliente
		Colagem	Sujeira na superfície do cilindro, bolha ao fita dupla face e danificação por uso de estiletes e lixas	Manchas, sujeiras e imagens fora de registro	2	8	5	80	Limpeza correta de anilox, não utilizar estiletes ou lixas durante a limpeza, treinamento para colagem de dupla face.
		Borrão	Contato do solvente com fita dupla face ao limpar o clichê durante impressão	Embalagem comprometida a pelo borrão e parada para troca de dupla face	7	7	5	245	Treinamento para limpeza de clichê durante a impressão

Fonte: Adaptação, Kardek, 2009.

Figura 25 – Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 03

FMEA -ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA ÁREA: Setor de Impressão Sistema: Impressora Flexográfica Máquina 03									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	(o)	(g)	(d)	Risco (RPN) (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Anilox	Dosar tinta no clichê	Entupimento de clichê	Lineatura de anilox menor que de clichê	Esmagamento na impressão, desenho deformado e sem bordas	3	7	1	21	Troca de Anilox
		Entupimento do anilox	Parada no fornecimento de tinta durante a produção e limpeza incorreta	Parada na produção para troca ou limpeza	3	9	1	27	Limpeza programada de anilox
Clichê	Matriz impressão	Enxerto	Pedido do cliente não está de acordo com a arte impressa	Parada na produção e danificação do poliéster	1	10	1	10	Verificar se a arte do pedido está de acordo com o a do cliente
		Colagem	Sujeira na superfície do cilindro, bolha ao fita dupla face e danificação por uso de estiletes e lixas	Manchas, sujeiras e imagens fora de registro	8	8	5	320	Limpeza correta de anilox, não utilizar estiletes ou lixas durante a limpeza, treinamento para colagem de dupla face.
		Borrão	Contato do solvente com fita dupla face ao limpar o clichê durante impressão	Embalagem comprometida pelo borrão e parada para troca de dupla face	4	7	5	140	Treinamento para limpeza de clichê durante a impressão

Fonte: Adaptação, Kardek, 2009.

Figura 26 – Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 04

FMEA -ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA ÁREA: Setor de Impressão Sistema: Impressora Flexográfica Máquina 04									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	(o)	(g)	(d)	Risco (RPN) (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Anilox	Dosar tinta no clichê	Entupimento de clichê	Lineatura de anilox menor que de clichê	Esmagamento na impressão, desenho deformado e sem bordas	5	7	1	35	Troca de Anilox
		Entupimento do anilox	Parada no fornecimento de tinta durante a produção e limpeza incorreta	Parada na produção para troca ou limpeza	5	9	1	45	Limpeza programada de anilox
Clichê	Matriz impressão	Enxerto	Pedido do cliente não está de acordo com a arte impressa	Parada na produção e danificação do poliéster	8	10	1	80	Verificar se a arte do pedido está de acordo com o a do cliente
		Colagem	Sujeira na superfície do cilindro, bolha ao fita dupla face e danificação por uso de estiletes e lixas	Manchas, sujeiras e imagens fora de registro	3	8	5	120	Limpeza correta de anilox, não utilizar estiletes ou lixas durante a limpeza, treinamento para colagem de dupla face.
		Borrão	Contato do solvente com fita dupla face ao limpar o clichê durante impressão	Embalagem comprometida pelo borrão e parada para troca de dupla face	2	7	5	70	Treinamento para limpeza de clichê durante a impressão

Fonte: Adaptação, Kardek, 2009.

Figura 27 – Análise de Modos e Efeitos de Falha para Máquina 05

FMEA -ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA ÁREA: Setor de Impressão Sistema: Impressora Flexográfica Máquina 05									
	Função do Componente	Modo (s) de Falha(s)	Causa potencial de falha	Efeito potencial de falha	(o)	(g)	(d)	Risco (RPN) (o)*(g)*(d)	Ação corretiva recomendada
Anilox	Dosar Tinta no Clichê	Entupimento de clichê	Lineatura de anilox menor que de clichê	Esmagamento na impressão, desenho deformado e sem bordas	6	7	1	42	Troca de Anilox
		Entupimento do anilox	Parada no fornecimento de tinta durante a produção e limpeza incorreta	Parada na produção para troca ou limpeza	4	9	1	36	Limpeza programada de anilox
Clichê	Matriz impressão	Enxerto	Pedido do cliente não está de acordo com a arte impressa	Parada na produção e danificação do poliéster	1	10	1	10	Verificar se a arte do pedido está de acordo com o a do cliente
		Colagem	Sujeira na superfície do cilindro, bolha ao fita dupla face e danificação por uso de estiletes e lixas	Manchas, sujeiras e imagens fora de registro	4	8	5	160	Limpeza correta de anilox, não utilizar estiletes ou lixas durante a limpeza, treinamento para colagem de dupla face.
		Borrão	Contato do solvente com fita dupla face ao limpar o clichê durante impressão	Embalagem comprometida pelo borrão e parada para troca de dupla face	5	7	5	175	Treinamento para limpeza de clichê durante a impressão

Fonte: Adaptação, Kardek, 2009.

4.2.PLANO DE MANUTENÇÃO

Para seleção dos tipos de manutenção que podem ser adotados, estudando os dados anteriores, foi utilizado o Diagrama de Seleção dos Tipos de Manutenção, figura 6, fazendo primeiramente o estudo do diagrama nos maiores índices NPR, e depois estudando detalhadamente cada modo de falha, e assim encontrando o melhor plano de manutenção a ser aplicado em cada impressora de maneira simultânea.

Como o processo de impressão pode ser baseado em intervalos definidos de tempo, o tipo de manutenção escolhido será a preventiva, que tem como objetivo prevenir falhas, e é o tipo de manutenção ideal para realizar nos tempos de setup entre as ordens de produção, permitindo realizar um plano previamente elaborado (KARDEK, 2009).

Para criar o melhor plano de manutenção, os índices NPR foram analisados em cinco etapas de análises, considerando em cada análise os maiores resultados, e assim foi observado qual a maior prioridade de risco. Após todos os índices serem analisados, podemos criar o melhor plano de manutenção, priorizando os problemas de maior risco para cada máquina, e assim elaborar um cronograma de manutenção preventiva por máquina.

Sobre o conceito de Manutenção Preventiva, define-se como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou até mesmo antes da ocorrência da falha. Esta classe de Manutenção compreende a Manutenção Sistemática, prestada a intervalos fixos e regulares ou períodos de tempo no calendário (ARCURI,2005).

Quadro 5 – Plano de Manutenção Preventiva

MODO DE FALHA	MANUTENÇÃO PREVENTIVA
Colagem	Antes da montagem, realizar limpeza completa do clichê, utilizando escova de cerdas macias.
	Limpar cilindro porta clichê e o verso do clichê, com álcool isopropílico, para eliminar sujeira e gordura.
	Certificar-se que o solvente de limpeza do cilindro e o verso do clichê estejam completamente secos, para garantir uma melhor aderência.
	Ao colar dupla face no cilindro, usar espátula plástica, para evitar bolhas. No caso de bolhas, nunca furar, retirar a fita dupla face e refazer a montagem.
	Caso o clichê montado tiver que esperar muito tempo até a impressão, terá que ser coberto com um filme de polietileno a prova de luz, para evitar alterações na arte e contaminação por partículas (poeira, por exemplo).
	Fazer teste com diferentes tipos de dupla face, e escolher o melhor modelo, e assim padronizar seu uso.
Borrão	Tratar as pontas com primer, para aumentar a aderência.
	Aplicar fita adesiva nas bordas do clichê, evitando a penetração de tinta por baixo da dupla face, e descolando o clichê, se as laterais forem muito estreitas, pode ser utilizada cola líquida.
	Pressionar levemente as pontas do clichê.
	Ao limpar o clichê durante a impressão, evitar que o solvente entre em contato com a fita, caso acontecer, realizar a troca de fita adesiva.
	Nunca realizar limpeza com a máquina rodando, esperar ela estar parada.
	Não utilizar panos, estopas ou algodão. Estes materiais pode danificar o clichê. Utilize escova.
Enxerto	Alinhar a impressão do clichê com a arte escolhida pelo cliente, prestando atenção nos detalhe e conferir pedido com a arte, antes de fabrica-lo.
	Na desmontagem, não retirar o clichê junto com a dupla face, para evitar danificação.
	Para evitar que o clichê seja atacado quimicamente, usar sempre o solvente utilizado na própria tinta.
	Nunca utilizar produto agressivo, ou deixar o clichê de molho no solvente.
	Aplicar óleo de silicone após a limpeza, para evitar contato com ozônio produzido pelas extrusoras.
Entupimento Clichê	Levar em consideração a escolha do volume do anilox. Não pode ser menor que a lineatura do clichê.

	Trabalhar com volume de tinta correto. Evitar trabalhar com pouca tinta.
	Para retículas de textos pequenos, deve ser usado menos volume de tinta.
	Para retículas grossas, usar maior volume de tinta.
	Evitar deixar a tinta secar sobre o clichê
	Nunca aproveitar alguma parada eventual da máquina e retirar o excesso de tinta.
Entupimento de Anilox	Utilizar filtro magnético nas tintas
	Evitar parada na impressão, para que a tinta não resseque dentro da célula do anilox.
	Realizar limpeza com o solvente, imediatamente após o término da impressão.
	Fazer limpeza química diária.
	Utilizar aço inox para anilox cerâmicos e escovas cerdas de latão para anilox cromados.
	Programar limpeza com ultrassom, por jateamento com polietileno, ou laser, para anilox entupidos, de depois de implantado o sistema de manutenção preventiva, traçar um cronograma de limpeza por jateamento ou laser, de pelo menos uma vez por ano.

Fonte: Autor do trabalho, 2016.

1.2.SUGESTÃO DE MELHORIAS

Observando os gráficos de modo de falha, vemos que para cada máquina existe um problema de falha diferente, como sabemos identificar a equipe de operários que trabalha em cada uma dessas máquinas, é possível realizar um treinamento específico para acabar com os principais erros, como uma primeira medida para reduzir os tempos de parada. Uma alternativa seria o operário da equipe que não está com aquele problema fazer um rodizio de máquinas, treinando os demais, assim as equipes treinarão umas as outras, melhorando no total, o trabalho em equipe.

Kardek (2009) diz que se definir que Manutenção é a garantia que os itens físicos continuam a cumprir as funções desejadas, a Manutenção Centrada na Confiabilidade é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional, é também uma metodologia que estuda o equipamento ou um sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas.

É importante que todos operários do setor de manutenção façam um treinamento de montagem de clichê, este é um processo que se realizado com precisão, evita problemas de qualidade, perdas e paradas na produção.

Nos dados sobre motivos de atrasos na produção, vemos que em alguns momentos teve como motivo a falta de funcionário, para reduzir o absenteísmo, a empresa pode realizar uma pesquisa sobre o clima organizacional, e verificar os motivos das faltas e porque não está sendo justificadas com antecedência, e sempre deixar um substituto que possa ser chamado quando houver necessidade.

Depois de elaborado o plano de manutenção preventiva, pode - se também tomar algumas medidas preventivas, que apesar de não estar no plano são muito importantes, como manuseio e armazenamento dos anilox, que não podem sofrer quedas para não alterar o eixo, não deixar ferramentas cair sobre ele, não guardar sujo ou molhado e sempre dentro da camisa para total proteção.

O tempo de setup total estipulado pela empresa é de uma hora no total, levando em consideração os tempos de preparação, onde é montado o clichê, tempo de acerto, colorista e aprovação, porém com as falhas que estão ocorrendo, esse tempo de setup esta muito maior que o esperado. Uma solução seria a empresa investir no plano de manutenção preventiva sugerido, além de levar em consideração trabalhar com Manutenção Produtiva Total, começando pela implantação do sistema 5S, cinco sensores, organização, ordem, limpeza, higiene e disciplina.

5. CONCLUSAO

Neste trabalho foi aplicada a ferramenta da manutenção centrada na confiabilidade, FMEA, análise de modos e efeitos de falha, através dos números de prioridade de risco, calculados através dos números de ocorrências por modo de falha, gravidade e detectabilidade, foi possível elaborar, estudando cada falha pelo diagrama de seleção dos tipos de manutenção, um plano de manutenção preventiva para cinco máquinas de impressão flexográfica para embalagens flexíveis.

Observou-se de uma forma geral que os cuidados antecedentes a impressão, tanto para o anilox, quanto para a matriz de impressão, clichê, são muito importantes para que o tempo de setup no intervalo de uma ordem de produção para outra, seja no tempo determinado pela empresa, evitando atrasos na entrega do produto acabado para o cliente.

Conclui-se que, manutenção preventiva, se aplicada neste caso, pode trazer grandes benefícios para a empresa, começando por melhorar a qualidade de suas embalagens, evitando desperdícios de plástico, tinta e tempo, e economizando na limpeza de jateamento ou a laser, que normalmente são mais caras, por realiza-las de uma forma organizada e periódica, aumentando assim a sua competitividade, e aumentando a satisfação do cliente.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGT, **Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica**. Disponível em: www.abtg.org.br/download/738428p486n44626d7s22958g269e4f85977q587h2c96, 2008.

ARCURI, R. **Medicina de Sistemas: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, UFF. Niterói, Rio de Janeiro, 2005.

BARACHO DOS SANTOS, W.; COLOSIMO, E. A.; MOTTA, S. B. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. **Revista Gestão & Produção [online]**, vol.14, no. 1, p.193-202, São Carlos, SP, 2007.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DESPANDE, V. S.; MODAK, J. P. Application of RCM to a medium scale industry. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 77, n. 1, p. 31-43, 2002.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. São Paulo: Campus - Elsevier, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**, 3ª edição, 1ª Reimpressão 2009. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance**. Industrial Press, 2000. 426p

MURTHY D.N.P., ATRENS, A. e ECCLESTON J. A.. **Strategic maintenance management**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. MCB University Press, 2002. - 4 : Vol. 8. - pp. 287-305.

NIU, G., YANG, B., PECHT, M. Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 95, n. 7, p. 786-796, 2010.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. Apostila do curso de manutenção centrada em confiabilidade. Foz do Iguaçu: DNV Principia, abr. 2001. 102p.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2013.

XAVIER, JulioNascif. **Manutenção: Tipos e Tendências**. Disponível em: <http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencatiposetendencias.zip>, 2005.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção**, 1ª edição, 3ª Reimpressão 2012. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abramam.

SOUSA, Edmilson. **Relação Entre Lineatura de Anilox e Clichê. Disponível em** [:http://abflexo.org.br/artigo-tecnico/a-relacao-entre-a-lineatura-do-anilox-e-a-do-cliche](http://abflexo.org.br/artigo-tecnico/a-relacao-entre-a-lineatura-do-anilox-e-a-do-cliche), 2011.

ANEXOS

Anexo- Motivos de paradas para manutenção não programada

MAQUINA 01			
ORDEM DE PRODUÇÃO	Motivo	Horas paradas	Turno
5508401002	Aguardando colagem	01:02	1
5508601001	Aguardando colagem	01:08	3
5459201004	Aguardando colagem	01:05:00	2
55181105002	Reacerto	00:20:00	1
5459001004	Problema na camisa	03:00:00	1
5523501003	Limpeza de máquina e clichê	00:30	3
552501002	Limpeza de máquina	00:45	1
5414801004	Limpeza de máquina	00:50	1
	Troca de anilox	00:17:00	
	Reacerto	00:33:00	
5538101003	Colagem de Enxerto	01:00:00	1
	Troca de anilox	00:10:00	
	Reacerto	00:30:00	
5490501003	Troca de bobinas	00:30:00	3
5537301003	Colagem Errada	01:30:00	2
	Troca de anilox	00:30:00	

MAQUINA 02			
Ordem de Produção	Motivo	Horas paradas	Turno
5506801001	Borrão	00:40	2
5508001002	Troca de Anilox	00:30	3
5521001002	Borrão	00:10:00	2
5499501004	Troca de Anilox	00:20:00	1
5524501001	Borrão	00:20	2
5525401002	Manutenção elétrica	00:15	2
	Falta de Operador	01:30:00	
	Colagem errada	00:30:00	
	Limpeza de Máquina	00:15:00	
	Troca e Limpeza de anilox	00:15:00	
5527601002	Borrão	00:40:00	3
5527601002	Espera de bobinas da extrusão	00:50:00	3
5489101001	Troca de dupla face	00:25:00	1
	Limpeza de Máquina	00:10:00	
5530901003	Limpeza de Máquina	00:15:00	3
5535601001	Borrão	00:15:00	3
5535301001	Borrão	00:20:00	2
	Limpeza de Clichê	00:10:00	
	Limpeza de Máquina	00:20:00	
5537201001	Reacerto	01:20:00	1
	Colagem errada	01:20:00	
	Limpeza de Anilox	00:30:00	

MAQUINA 03			
ORDEM DE PRODUÇÃO	Motivo	Horas paradas	Turno
5507301001	Aguardando colagem	00:35	2
5507301001	Manutenção Elétrica	00:40	2
5507601001	Aguardando colagem	00:35	2
5507601001	Manutenção Elétrica		2
5503901002	Manutenção Elétrica	00:30	3
5435901002	Troca de anilox	00:25:00	2
5435901002	Colagem de enxerto	00:25:00	2
5435901002	Reacerto	00:15:00	2
5492401003	Troca de Tinta	00:10:00	3
5492401003	Borrão	00:10:00	3
5504601004	Falta de Operador	01:05:00	2
5504601004	Aguardando colagem	00:46:00	2
5513001002	Troca de Dupla Face	00:20:00	1
5511301004	Falta de anilox	00:40:00	3
5506201004	Limpeza de Clichê	00:10	2
	Borrão	00:05	2
5506301002	Configuração errada	00:13	1
	Espera de bobinas Extrusão	00:35:00	1
	Troca de tinta	00:20	1
5530601002	Falta de Anilox	00:30:00	2
	Troca de Anilox	00:10:00	2
5530501003	Colagem errada	00:40:00	3
5528901002	Troca de Anilox	00:10:00	3
	Borrão	00:10:00	3
5536501002	Aguardando Colagem	01:00:00	3
5536701002	Aguardando Colagem	01:00:00	3
5536601003	Limpeza de anilox	00:15:00	1
5536401002	Troca de Dupla Face	00:50:00	2
5418801003	Colagem errada	00:10:00	3
5418701004	Limpeza de Clichê	00:20:00	2
	Limpeza de máquina	00:20:00	2

MAQUINA 04			
ORDEM DE PRODUÇÃO	Motivo	Horas paradas	Turno
549801004	Colagem de Enxerto	00:15	3
5506701001	Manutenção Elétrica	01:00:00	1
5474101002	Troca de anilox	00:15:00	2
5485001003	Aguardando colagem	00:15:00	1
5445501003	Aguardando colagem	01:00:00	1
5445301003	Troca de anilox	00:20:00	3
5482401003	Colagem errada	00:20:00	2
5482401003	Troca de tinta	00:20:00	2
5482401003	Inversão de cor	00:25:00	2
5485501003	Aguardando colagem	00:55:00	2
5482501003	Aguardando colagem	01:15:00	1
5489401003	Aguardando colagem	01:00:00	1
5489401003	Troca de tinta	00:15:00	1
5489401003	Colagem de Enxerto	00:15:00	1
5489401003	Troca de dupla face	00:10:00	1
5489401003	Manutenção Elétrica	00:10:00	1
5489401003	Clichê gravado errado	00:15:00	1
5489601003	Falta de Operador	00:55:00	3
5489601003	Troca de anilox	00:15:00	3
5489601003	Colagem de Enxerto	00:30:00	3
5433901003	Manutenção Mecânica	00:10:00	1
5433901003	Colagem de Enxerto	00:30:00	1
5433901003	Bobina com Problema	00:40:00	1
5490401003	Falta de tinta	00:10:00	2
5484001003	Colagem errada	00:30	2
5494201003	Limpeza de máquina	00:20:00	1
	Colagem de Enxerto	00:45:00	
5461501003	Falta de Tinta	00:05:00	1
	Troca de Tinta	00:07:00	
5461301001	Inversão de cor	00:20:00	1
	Limpeza de Clichê	00:15:00	
	Colagem de Enxerto	00:10:00	
	Troca de Dupla Face	00:10:00	
5532301004	Falta de Tinta	00:05:00	2
	Regulagem	00:20:00	
5488701003	Colagem errada	00:15:00	1
	Colagem de Enxerto	00:15:00	
5478201004	Troca de Anilox	00:30:00	1
	Limpeza de Anilox	00:15:00	
5499601003	Troca de Anilox	00:20:00	3
	Limpeza de Máquina	00:10:00	
	Limpeza de Clichê	00:15:00	
	Borrão	00:15:00	
	Manutenção Mecânica	00:20:00	

MAQUINA 05			
ORDEM DE PRODUÇÃO	Motivo	Horas paradas	Turno
5493301003	Troca de anilox	01:00:00	1
5445201003	Aguardando colagem	00:19:00	2
5482301004	Manutenção mecânica	00:20:00	1
5482301004	Troca de anilox	00:25:00	1
5482301004	Limpeza de anilox e de maquina devido à quebra de 2 facas	01:00:00	1
5445401003	Aguardando colagem	00:30:00	1
5445401003	Colagem errada	00:15:00	1
5445401003	Colagem de enxerto	00:20:00	1
5445401003	Borrão	00:10:00	1
5523101002	Limpeza de máquina	00:10:00	1
5523101002	Borrão	00:35:00	1
5484301002	Limpeza de Máquina	02:15:00	1
5496001003	Troca e limpeza de anilox	00:10:00	1
5484401003	Troca de Bobinas	00:10:00	2
	Troca e limpeza de anilox	00:30:00	
5478301003	Limpeza de máquina	01:05:00	1
5496201004	Falta de Operador	01:30:00	2
	Manutenção mecânica	02:30:00	
	Troca de anilox	00:55:00	
	Reacerto	00:20:00	
5520601002	Manutenção mecânica	00:45:00	1
5520601002	Borrão	00:05:00	3
5513201004	Borrão	00:10:00	2
5531901003	Troca de Dupla Face	00:25:00	1
5534901003	Troca de Anilox	00:20:00	1
	Manutenção mecânica	00:40:00	
5490601003	Falta de Energia	00:20:00	1
	Reacerto e Limpeza de Clichê	00:50:00	
5535101002	Limpeza de máquina	00:15:00	2
	Borrão	00:10:00	