

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GUILHERME SCHAMNE MARTINS**

**ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA): UMA ANÁLISE  
MULTICASOS PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO**

**PONTA GROSSA  
2015**

**GUILHERME SCHAMNE MARTINS**

**ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA): UMA ANÁLISE  
MULTICASOS PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito obrigatório do Curso de  
Especialização em Engenharia de Produção, da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Campus Ponta Grossa:

Orientador: Prof. Dr. Joseane Pontes

**PONTA GROSSA  
2015**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DO MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA): UMA ANÁLISE MULTICASOS PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO.**

por

**Guilherme Schamne Martins**

Esta monografia foi apresentada às dez horas do dia 12 de dezembro de 2015, como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco (UTFPR)**  
Banca

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joseane Pontes (UTFPR)**  
Orientador

Visto do Coordenador:

---

**Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de  
Resende**  
Coordenador  
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa



Dedico a minha esposa, filho e pais,  
pessoas especiais que fazem a diferença  
em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade do dom do conhecimento, por nos proporcionar saúde e força para participar desta jornada e por tantas outras oportunidades oferecidas.

A Professora Joseane Pontes, pelo auxílio, conhecimentos e sugestões na orientação dessa monografia.

A minha esposa Gabriela Baggio Luz, pelo companheirismo de estar nesta jornada junto a mim e sorrisos trocados.

Aos meus pais, Gilmar Martins e Marcia Regina Schamne Martins, pelo incentivo contínuo à educação e por todo o carinho e apoio.

Ao meu filho, que como uma grata surpresa, nos surpreendeu com a notícia de sua chegada durante esta jornada.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

Cada dia que amanhece assemelha-se a uma página em branco, na qual gravamos os nossos pensamentos, ações e atitudes. Na essência, cada dia é a preparação de nosso próprio amanhã.

(Chico Xavier)

## RESUMO

O presente estudo diz respeito a apresentar uma dessas ferramentas, a Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA), consideravelmente utilizado na indústria, que objetiva padronizar a qualidade por meio de técnicas de detecção da origem de defeitos, em detrimento do simples descarte de produtos defeituosos. Nesse sentido, buscar-se-á utilizar o FMEA para a manutenção, verificando se seus princípios podem melhorar a manutenção, reduzindo a necessidade de paradas não programadas. Para tanto foi realizada uma pesquisa sobre o uso da FMEA na manutenção, suas possibilidades, dificuldades e principais resultados. Este trabalho demonstrou que a metodologia FMEA vem sendo utilizada cada vez mais pelas empresas, e neste caso, pela área de manutenção, apresentando resultados completos para a análise de falhas, suas causas e efeitos. Os resultados alcançados, e com poucas discrepâncias, mostram que a FMEA pode ser utilizada nos mais variados contextos da produção industrial, como nos setores analisados e principalmente na manutenção das empresas pesquisadas. Entretanto, como observado, esta ferramenta requer um bom nível de preparo e de planejamento por parte de seus executores, tanto do responsável direto, quanto da equipe executante, pois como qualquer metodologia o FMEA apresenta algumas limitações e requer ajustes. A metodologia FMEA utilizada de forma correta pode desempenhar um importante papel para a manutenção, desde que criteriosamente planejada.

**Palavras-chave:** Manutenção. FMEA. Qualidade.



## **ABSTRACT**

This study concerns the display of these tools, the Mode Analysis and Potential Failure effects (FMEA), greatly used in the industry, which aims to standardize quality through detection techniques defects of origin at the expense of simple disposal of defective products. Accordingly, it will seek to-use FMEA for the maintenance, checking that its principles can improve maintenance, reducing the need for unscheduled downtime. For this purpose a survey on the use of FMEA in the maintenance was carried out, their possibilities, difficulties and main results. This work demonstrated that the FMEA methodology has been used increasingly by businesses, and in this case, the maintenance area, with complete results for failure analysis, its causes and effects. The results achieved, and with few discrepancies show that the FMEA can be used in various contexts of industrial production, as in the analyzed sectors and especially in the maintenance of the companies surveyed. However, as noted, this feature requires a good level of preparation and planning by his executioners, both directly responsible, as the throwing team, because as any FMEA methodology has some limitations and requires adjustments. The FMEA methodology used correctly can play an important role in maintaining as long as carefully planned.

**Keywords:** Maintenance. FMEA. Quality.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 PROBLEMA .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
1.3 JUSTIFICATIVA .....	10
1.4 METODOLOGIA.....	11
1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
2.1 QUALIDADE.....	13
2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA QUALIDADE .....	15
2.3 A QUALIDADE NAS ORGANIZAÇÕES DA ATUALIDADE.....	18
2.4 MANUTENÇÃO.....	22
2.4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO .....	23
2.4.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	26
2.4.2.1 Manutenção Corretiva não Planejada.....	27
2.4.2.2 Manutenção Corretiva Planejada .....	27
2.4.2.3 Manutenção Preventiva.....	27
2.4.2.4 Manutenção Preditiva .....	28
2.4.2.5 Manutenção Detectiva .....	29
2.4.2.6 Engenharia da Manutenção .....	29
2.5 GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	30
2.6 ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA) .....	35
<b>3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS</b> .....	43
3.1 CASO 1: ANÁLISE DE FALHA APLICADA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO .....	43
3.2 CASO 2: ANÁLISE DE FALHA NOS REDUTORES DE VELOCIDADE BENZLERS DAS PRENSAS DE LAVAGEM DA LINHA DE FIBRAS EM UMA FÁBRICA DE PAPEL E CELULOSE NO EXTREMO SUL DA BAHIA .....	44
3.3 CASO 3: APLICAÇÃO DE FMEA NA ANÁLISE DE RISCOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO EM SALA LIMPA: UMA PROPOSTA PARA BIO-MANGUINHOS .....	45
3.4 CASO 4: CONCEITOS DA METODOLOGIA FMEA APLICADOS A UMA UNIDADE DE BRITAGEM MÓVEL DE MINÉRIO DE FERRO .....	46
3.5 CASO 5: ANÁLISE DE RISCO POR METODO FMEA EM ABERTURA DE LINHA NA MANUTENÇÃO DE BOMBEAMENTO DE AMÔNIA.....	47
3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE COMPARATIVA.....	48
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

Pode-se observar na atualidade, a busca constante das organizações em adequar-se para enfrentar e sobreviver a um mercado cada vez mais exigente e competitivo, em praticamente todas as áreas, seja de produtos ou serviços. Neste contexto, a qualidade vem se tornando um aspecto de extrema relevância e as empresas que não buscam a qualidade continuamente passam a perder espaço para seus concorrentes.

Com as exigências cada vez maiores em relação à qualidade, e levando-se em conta os princípios desta de que se deve antever, antecipar ou mesmo superar as expectativas dos clientes, diversas metodologias vêm sendo utilizadas pelas organizações para conquistar e fidelizar o seu mercado de atuação.

A qualidade é alvo de estudos constantes durante muito tempo, podendo-se citar os trabalhos de Ford, Taylor, Toyota, Deming, Juran, Feigenbaun, dentre outros não menos importantes que vieram a revolucionar os processos produtivos em diferentes contextos históricos.

Mais especificamente a respeito das diversas metodologias utilizadas para a gestão da qualidade, podem-se citar os controles de processos que visam a padronização na fabricação de produtos, com o mínimo de falhas, perdas e necessidade de manutenção.

O presente estudo diz respeito a apresentar uma dessas ferramentas, a Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA), consideravelmente utilizado na indústria, que objetiva padronizar a qualidade por meio de técnicas de detecção da origem de defeitos, em detrimento do simples descarte de produtos defeituosos. Nesse sentido, buscar-se-á utilizar o FMEA para a manutenção, verificando se seus princípios podem melhorar a manutenção, reduzindo a necessidade de paradas não programadas.

Para tanto será realizada uma pesquisa sobre o uso da FMEA na manutenção, suas possibilidades, dificuldades e principais resultados.

## 1.1 PROBLEMA

O problema de pesquisa aqui estabelecido visa responder: Como a metodologia FMEA vem sendo utilizada, para o planejamento e redução de paradas não planejadas de manutenção?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os resultados da aplicação da metodologia FMEA para a melhoria da manutenção na produção.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar as principais ferramentas de qualidade utilizadas na manutenção;
- Apresentar os princípios da metodologia FMEA.
- Contextualizar a importância da aplicação das ferramentas de qualidade na manutenção nas organizações.
- Apresentar estudos de caso relacionados ao uso da FMEA na manutenção das organizações e seus principais resultados.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

É cada vez maior a busca das organizações pela melhoria constante de seus processos produtivos. Geralmente estas utilizam metodologias que visam potencializar a qualidade dos produtos, por meio de ferramentas utilizadas para

medir, testar, avaliar, minimizar ou eliminar problemas do processo como um todo, desde o seu projeto até a sua produção e entrega ao cliente final.

Várias metodologias vêm sendo utilizadas pela indústria para garantir a qualidade dos produtos fabricados. Uma destas metodologias que vem se destacando é a denominada “Análise de Modo e Efeitos de Falhas Potencial”, originária do inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), que se caracteriza como um conjunto de atividades destinadas a identificar e minimizar/eliminar falhas no processo de produção.

Nesse sentido, busca-se conhecer a utilização da FMEA na manutenção, como possibilidade de controle e minimização de custos com manutenção, por paradas não programadas.

Cabe destacar que o uso de metodologias novas e diferenciadas representam um ponto de atenção na empresa, devido ao fato da resistência ao novo que ainda se verifica em grande parte das organizações. Esta resistência pode representar um entrave para os resultados mais efetivos do uso de novas metodologias.

Assim, justifica-se a relevância do tema apresentado nesta pesquisa.

#### 1.4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente estudo, de acordo com a abordagem utilizada se caracteriza como exploratória, envolvendo um estudo multicase, realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica.

Inicialmente realizou-se a pesquisa bibliográfica a fim de contextualizar os principais aspectos acerca da qualidade, a gestão da manutenção e a ferramenta escolhida para análise, a metodologia FMEA e sua importância para as empresas.

Martins (2004) afirma que a pesquisa bibliográfica desencadeia a coleta de dados para o estabelecimento do marco teórico da pesquisa. Em outras palavras, a pesquisa bibliográfica é o ponto de partida em que se busca estudos e publicações similares ao tema pesquisado.

Foi realizado também um estudo multicase, por meio de uma seleção aleatória de trabalhos publicados na web, analisando-se a aplicação da ferramenta FMEA em diferentes processos de manutenção, com o intuito de se verificar a validade e a efetividade da metodologia, por meio da análise de publicações disponíveis.

Segundo Yin (2004) o estudo multicase, diferentemente do estudo de caso, leva em conta a existência de mais de um caso para a investigação. Busca-se analisar comparativamente os resultados da aplicação em cada caso específico.

Nesta pesquisa foi traçado um comparativo entre os casos estudados, buscando verificar os benefícios para a empresa, dificuldades encontradas e principais resultados alcançados.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho encontra-se estruturado em cinco seções, iniciando-se pela introdução, que traz algumas considerações iniciais sobre o tema, bem como sua problemática e objetivos.

O capítulo 2 apresenta uma contextualização sobre a gestão da qualidade e seus principais aspectos, como ferramenta utilizada pelas organizações em seus processos produtivos. Já o capítulo 3 traz a apresentação sobre a metodologia utilizada neste estudo.

O capítulo 4 apresenta os resultados sobre a utilização da metodologia FMEA na área de manutenção da indústria. Por fim, o último capítulo traz as considerações finais referentes ao estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a revisão da literatura da pesquisa. São tratados assuntos que envolvem o tema principal, tais como a Qualidade e seus principais aspectos, e a Manutenção, relacionando a sua importância, suas ferramentas e as exigências da qualidade na manutenção para as organizações.

### 2.1 QUALIDADE

O conceito da qualidade vem assumindo nas empresas estágios cada vez mais elevados necessitando de procedimentos que possam gerenciar e sistematizar questões relacionadas a qualidade. Entretanto nota-se a inexistência de consenso sobre os conceitos da qualidade mesmo quando esta tem papel importantíssimo no desempenho das organizações, dificultando a estruturação de um modelo ideal de Gestão da Qualidade para cada estrutura.

Buscar um conceito para qualidade é uma viagem ao pensamento de alguns autores, pois somente assim se poderá entender como os fatos ocorrem na sociedade.

Assim, Gomes (2004, p. 7) descreve que: “A qualidade é considerada universalmente como algo que afeta a vida das organizações e a vida de cada um de nós de uma forma positiva. Referimo-nos a um produto como produto de qualidade se vai de encontro ou supera as nossas expectativas.”

Já conforme Moura (1997, p. 18) qualidade é o “modo de organização e gestão de empresas que visa garantir aos produtos e serviços características que os clientes percebam e estejam às suas necessidades e expectativas”. Ainda, com o objetivo de “dotar a empresa de condições para que seus produtos tenham características que atendam os requisitos dos clientes”.

Ainda pode-se encontrar uma definição de qualidade em Deming (1990), quando defende melhorias constantes em tudo o que fazemos baseando-se no conhecimento profundo de nossas tarefas, profissões, indústrias, educação e sociedade e nós mesmos. Para isso estabeleceu quatorze pontos, conhecidos como princípio de Deming, que representam os fundamentos de sua filosofia para alcançar

a Qualidade, que em outras palavras a qualidade se resume em três crenças: “constância de finalidade, melhora constante e conhecimento profundo.”

O Fato é que se deve pensar o porquê de se querer qualidade, a qualidade é que dá garantia de lucro efetivo e há formas e mecanismos diferentes pela qual a organização pode atingi-la acrescentando valores e praticas firmando a qualidade como a principal responsável pelo sucesso do empreendimento. Todo consumidor quer adquirir aquele produto ou serviço que mais lhe agrada satisfazendo anseios ligados à emoção de compra bem realizada relacionada a sentimentos e não somente aquela que lhe proporciona retorno financeiro satisfatório.

Nesse contexto Juran (2009, p. 1) diz que: “Durante os anos 60 e 70, muitas empresas americanas perderam sua liderança em qualidade para novos e agressivos concorrentes. A consequência mais óbvia foi a perda de participação de mercado.”

Deste modo toda vez que o cliente é deixado de lado quando não se satisfaz suas ambições de consumo abre espaço para a concorrência que ganha maior espaço de forma fácil e rápida promovendo abertura de mercado para novos empreendedores dispostos a tudo para consolidar-se e conquistar este cliente desapontado.

Garvin (apud SLACK et al, 1997), categorizou muitas das várias definições de qualidade em “cinco abordagens”: a abordagem transcendental, a abordagem baseada em manufatura, abordagem baseada no usuário, a abordagem baseada no produto, e a abordagem baseada no valor, conforme se descreve no quadro 1 a seguir.



Quadro 1 – Abordagens da Qualidade

Abordagem transcendental	Vê a qualidade como sinônimo de excelência inata, a qualidade é definida como absoluta – o melhor possível, em termos da especificação do produto ou serviço.
Abordagem baseada em manufatura	Preocupa-se em fazer produtos ou proporcionar serviços que estão livres de erros que correspondem precisamente a suas especificações.
Abordagem baseada no usuário	Assegura que o produto ou serviço será adequado a seu propósito.
Abordagem baseada em produto	Vê a qualidade como um conjunto mensurável e preciso de características, que são requeridas para satisfazer o consumidor.
Abordagem baseada em valor	Leva a definição de manufatura a um estágio além e define qualidade em termos de custo e preço, defendendo que qualidade seja percebida em relação a preço.

Fonte: Garvin (apud SLACK et al, 1997)

Através de cada uma destas abordagens nota-se de maneira advertida que qualidade não é só um bem ou serviço disponível para satisfação do cliente, é muito mais complexo, é um conjunto de medidas para alinhar preços, custos, materiais e projetos na melhoria contínua dos processos de execução destes projetos. Para tanto não é algo pronto e acabado, mas construído, estudado, refletido a partir de observações de dados relevantes para efetivação do trabalho com qualidade.

A qualidade pode assumir diferentes abordagens e dimensões diante de transformações do contexto impulsionador que o mercado exige das organizações que diariamente inserem-se nele, alterando o comportamento econômico e social, padrões, exigências, desenvolvendo novos paradigmas e consolidando-os.

## 2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA QUALIDADE

De acordo com Maximiano (2004), a nova abordagem para aumentar o consumo é a aplicação da Gestão da Qualidade, que em meados do século XX tornou-se escola desenvolvendo-se paralelamente a diferentes escolas (Administração) unindo-se a outros conceitos tornando-se um enfoque sistêmico.

Entretanto cabe aqui apresentar a trajetória histórica acerca da qualidade. Desde o princípio dos tempos sempre houve a preocupação de produzir-se bens com qualidade de forma que Oliveira citado por Queiroz (2005) menciona que por volta de 2.150 a.C. o código de Hamurabí<sup>1</sup> já mencionava a preocupação com a resistência e funcionalidade das casas fabricadas neste período, de forma que, se um construtor negociasse um imóvel que não fosse adequado o suficiente no atendimento dos propósitos do comprador e apresentasse problemas de fabricação, o construtor, era imolado ou seja, tinha sua imagem prejudicada perante a sociedade comercial.

Entende-se que desde a.C existiam cobranças e aplicavam-se penalidades quando a qualidade não satisfazia as necessidades do consumidor, obrigando-os assim a aperfeiçoar seus produtos e serviços, e buscando melhor condição para impedir a repetição da falha e evitar problemas futuros.

Por sua vez Ballestero-Alvarez (2001, p.138) descreve que:

Na realidade, desde que o ser humano está sobre a face da Terra existe a preocupação com a qualidade. Claro que, provavelmente, não com os nomes e nomenclaturas que permeiam este livro do começo ao fim. Desde o primeiro utensílio feito, o primeiro abrigo construído, a primeira ferramenta produzida, o homem preocupou-se com a qualidade.

Através deste contexto observa-se que a qualidade sempre esteve presente na vida de todos desde tempos primórdios. Por isso, Ballestero-Alvarez (2001, p.138) complementa: “É claro que o que hoje entendemos e aplicamos como conceito de qualidade é bastante diferente daquele empregado pelo homem das cavernas”.

A qualidade passou a ter extrema importância para as organizações a partir do início do século XX. Maximiano (2004) apresenta uma síntese sobre a evolução da Qualidade neste período:

---

<sup>1</sup> O Código de Hamurabi é um dos mais antigos conjuntos de leis já encontrados, e um dos exemplos mais bem preservados deste tipo de documento da antiga Mesopotâmia. (PRADO, 2007, p. 12)

Quadro 2 – Evolução da Escola da Qualidade

1920	1940	1950	1960	1980	SÉCULO XXI
Linha de montagem, controle estatístico da qualidade	Segunda Guerra, controle estatístico da qualidade	Controle da qualidade chega ao Japão por meio de Deming	Qualidade total de Feigenbaum e Ishikawa	Normas ISO, garantia da qualidade	Qualidade como estratégia de negócios

Fonte: Adaptado de Maximiano (2004, p. 80)

Assim observa-se que a qualidade conquistou espaço gradativamente no âmbito organizacional e é por volta da década de 1950 que ganha novo destaque no seio das organizações. A inserção da qualidade nas organizações com maior representatividade originou-se com estudos de Deming após a Segunda Guerra Mundial, dando início ao processo do movimento pró qualidade nos Estados Unidos, porém não foi bem aceito pela comunidade empresarial.

Nesse sentido, Deming (1990, p.1) comenta que:

Reza o folclore que nos Estados unidos, qualidade e produtividade são incompatíveis, que não se pode ter ambos. Um gerente de fábrica lhe dirá que é uma coisa ou outra. Pela sua experiência, se forçar a qualidade, a produtividade diminui; se forçar a produtividade, a qualidade sofre.

Acreditava-se que qualidade não podia estar ligada diretamente a produtividade sem afetá-la de modo significativo. E desta forma haveria perda ou de um lado ou de outro. Porém sua filosofia chega então ao Japão e ganha adeptos que baseados na idéia de que com qualidade seria possível reestruturar suas indústrias e ganhar com a metodologia, reduzindo custos, tempo e desperdício.

Assim Las Casas (2004, p 12) explica sobre qualidade que: “O conceito surgiu, no entanto, na recuperação japonesa no pós-guerra”. Percebe-se que a qualidade tornou-se uma busca constante no pós-guerra, tendo como objetivo o destaque perante a concorrência e o reconhecimento internacional.

Segundo Deming (1990, p. 2) cita: “Em 1948-49, as administrações de várias empresas japonesas verificaram que a melhora da qualidade dá lugar, natural e inevitavelmente, a um aumento de produtividade”

Dessa maneira, a melhoria e o aumento da produtividade são aspectos resultantes do processo de inserção de qualidade e conseqüentemente, melhoram também os lucros das organizações, indo de encontro à menção do autor ao folclore americano em que este processo não seria possível.

A esse respeito, pode-se dizer que as organizações existem com o objetivo principal de compor uma carteira significativa de clientes para tornarem-se sustentáveis no negócio e continuamente buscar novos compradores dispostos a consumir seus produtos e serviços aspirando que ao satisfazê-los se tornem fiéis a aquela empresa para que esta seja economicamente desenvolvida.

Foi a partir de 1990 que as empresas começam a mudar o tratamento com o consumidor, tratando-o como o principal objetivo da organização na obtenção de resultados eficazes através da oferta de produtos e serviços de qualidade.

Slack (2002, p. 549) anuncia que: “Há uma crescente consciência de que bens e serviços de alta qualidade podem dar a uma organização uma considerável vantagem competitiva”.

Assim sendo, percebe-se que a Gestão da Qualidade é a melhor forma de apresentar benefícios e diferenciação competitiva para empresas permanecerem no mercado através da redução dos custos, retrabalho e refugos gerando consumidores satisfeitos. É preciso antecipar-se aos desejos e necessidades dos clientes adaptando-se freqüentemente aos seus anseios de consumo para não passar despercebidas oportunidades de mercado.

É certo que atualmente o conceito de qualidade ajusta-se conforme as necessidades do produto ou serviço ofertado e adapta-se ao público alvo que se quer atingir.

### 2.3 A QUALIDADE NAS ORGANIZAÇÕES DA ATUALIDADE

Pode-se inferir que a Qualidade se caracteriza como necessidade para destacar-se das organizações adversárias, hoje é obrigação no cenário globalizado dos negócios visto que, as mudanças e o crescente aumento da concorrência exigem inovação em todos os setores da economia. Através da expansão do

mercado necessita-se um controle efetivo dos custos, da qualidade dos serviços ou produtos, buscando sempre a satisfação do cliente ainda que a qualidade se apresente com alto grau de dificuldade na aplicação dos conceitos nas organizações.

A necessidade de considerar os efeitos positivos da Gestão da Qualidade nas empresas mexe com estruturas organizacionais internas e requer mudanças frequentes de estratégia já que se depara constantemente com uma diversidade de necessidades que envolvem costumes culturais distintos, geografia regional, hábitos, envolvendo assim a estrutura como um todo necessitando atualizar constantemente conceitos pré-estabelecidos.

A abertura de mercado de forma globalizada exige estratégias mercadológicas inovadoras aliadas aos conceitos tradicionais que propõe maior produtividade com necessidade de produzir produtos e serviços mais acessíveis economicamente, porém sem desprezar a qualidade destes.

Ao se pensar em produzir qualidade considera-se no geral um esforço de grande porte imaginando-se qual a necessidade de se apresentar e ofertar a qualidade nos produtos, serviços e processos que envolvem elementos essenciais à sobrevivência das empresas compreendendo fatores como custos, poder aquisitivo do consumidor, aumento da concorrência e internacionalização.

Atualmente percebe-se que ter qualidade é questão de sobrevivência no mercado e não se vê como esforço, mas como necessidade para permanecer ativo perante a concorrência.

Nesse passo Juran (2009, p. 77) contempla: “a função qualidade é o conjunto das atividades através das quais atingimos a adequação ao uso, não importando em que parte da organização estas atividades são executadas”.

Desta forma obtêm-se melhores resultados quando todos os setores da empresa comprometem-se com o objetivo de melhorar a Qualidade e em sintonia com necessidades do consumidor cria seu diferencial de mercado.

A preocupação com qualidade sempre se voltou diretamente para produtos acabados, dando ênfase na correção de seus defeitos e acabamento final. Partindo deste ponto, a qualidade passou a ser monitorada através de resultados, por meio da inspeção na linha de produção. Porém, a qualidade deixou de estar ligada

apenas a produção, funcionando como um todo, ligando todos os fatores e processos da empresa para se chegar à qualidade.

Atente-se a divisão exposta por Gomes (2004 p. 12 e 13) a seguir:

O processo tem três fases distintas, planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade, e recomenda a criação de equipes de projeto responsáveis por cada uma destas fases. O planejamento da qualidade requer a descrição dos clientes e das suas necessidades, a definição de objetivos da qualidade, a definição de medidas da qualidade, o desenvolvimento do plano da qualidade, a disponibilização de recursos necessários para implementar o plano e a sua implementação efetiva. O controle da qualidade consiste na implementação de um sistema de métricas da qualidade, de avaliação de ações que visam melhorias da qualidade e de ações corretivas com base na análise de métricas da qualidade. A terceira fase do processo idealizado por JURAN exige às organizações o estabelecimento, através de políticas, de programas e procedimentos e de uma infra estrutura que potencia a melhoria contínua da qualidade, reduzindo desperdícios, melhorando a satisfação dos empregados e dos clientes.

Assim, pode-se perceber que a qualidade, para ser implantada requer todo um planejamento e criterioso controle e deve envolver o trabalho de equipes responsáveis por cada etapa do processo.

Consequentemente Crosby (1996, p. 17) diz: “O que significa ‘garantir a qualidade’? Uma boa definição seria: ‘Induzir as pessoas a fazer melhor tudo àquilo que devem fazer’. ‘As pessoas’ incluem tanto a alta administração como as camadas inferiores da organização”.

Ou seja, o velho jargão, fazer bem feito para não fazer duas vezes. Fazer bem feito tudo, não é só uma questão de qualidade é uma questão de personalidade, de educação e isto o ser humano pode adquirir conforme adquire experiência e vivência. Portanto, desde pequeno se aprende a fazer as coisas da melhor maneira possível e, a escola tem grande importância na internalização deste valor tão subjetivo, mas, tão necessário.

Observe-se a explanação de Deming (1990, p.1) a seguir:

A melhora da qualidade transfere o desperdício de homens-hora e tempo-máquina para a fabricação de um bom produto e uma melhor prestação de serviços. O resultado é uma reação em cadeia – custos mais baixos, melhor

posição competitiva, pessoas mais felizes no trabalho, empregos e mais empregos.

Conscientizar colaboradores da necessidade de produzir produtos ou serviços com qualidade, evitar desperdícios e falhas é uma maneira de aperfeiçoar processos e evitar retrabalhos. Todavia, é algo que se consegue paulatinamente, pois é questão de conscientização e, por muitas vezes, reeducação.

Para elucidar o estudo Crosby (1996, p. 21) menciona:

Entendo que um programa de qualidade completo numa corporação seja sempre uma 'tabela' abrangendo todos os sistemas de 'integridade'. Controle de qualidade, confiabilidade, engenharia da qualidade, qualidade de fornecimento, inspeção, qualificação de produto, treinamento, teste, negócios do consumidor, melhoria da qualidade e metrologia e todos os demais sistemas e conceitos da qualidade baseiam-se nesta tabela. A administração seleciona o que precisa de cada um e aplica esses instrumentos ao problema total. Não é necessário ou conveniente que cada operação tenha exatamente o mesmo programa de qualidade.

Conforme Deming (1990) a qualidade consiste em fazer certo já na primeira vez, pois o retrabalho desprende tempo e demanda custo, dois fatores essenciais para a sobrevivência das empresas atualmente.

Segundo Crosby (1986, p.32) descreve:

A qualidade é medida pelo custo que, como dissemos, é a despesa da não-conformidade \_ o custo de fazer as coisas erradas. Esses custos são divididos em categorias de prevenção, avaliação e fracasso. Todos resultam, no entanto, de não se ter feito a coisa certa desde a primeira vez.

Nota-se que custos de retrabalho tornam as empresas mais vulneráveis perante a concorrência e no geral tem um desgaste motivacional dos colaboradores devido à percepção de suas ineficiências.

Contudo Deming (1990, p. 9) cita: “Baixa qualidade gera queda qualitativa e de produtividade ao longo de toda linha de produção”.

Como há de se verificar, se todos os setores não alinharem seus propósitos em busca do mesmo objetivo certamente ocorrerá uma reação em cadeia sendo o consumidor maior prejudicado através da não satisfação de suas necessidades, a organização abrindo espaço para seus concorrentes e possivelmente o colaborador

perde seu emprego gerando gasto maior para o setor público que de alguma forma retira este recurso de outro contribuinte através de maiores impostos.

Equacionar necessidades dos clientes é fundamental para definir o planejamento da organização sem desviar-se do objetivo maior da empresa, obter lucros e consolidar-se no mercado e ao mesmo tempo empregar metodologias de fidelização do cliente.

Como se observou, conforme o explanado acima, cada consumidor possui características específicas de consumo. A par disso é importante investir na qualidade absoluta dos produtos e serviços procurando atender todas as necessidades sem perder o foco principal do negócio.

## 2.4 MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção se caracteriza como um conjunto de ações voltadas para o gerenciamento das diversas atividades que envolvem a manutenção, buscando o seu melhor desempenho.

A manutenção é definida na concepção industrial como sendo a atividade de fazer com que o patrimônio físico da empresa seja mantido de forma a assegurar sua funcionabilidade operacional.

Segundo a Norma Brasileira ABNT - NBR - 5462/1981, a manutenção é o conjunto de ações destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele pode executar a função requerida.

A Norma Inglesa BS - 3811/1974, define manutenção como uma combinação de qualquer ação para reter um item ou restaura-lo, de acordo com um padrão aceitável.

A manutenção, tão importante para as empresas na atualidade tem sua trajetória desde antes da Revolução Industrial, em que começou a obter maior destaque segundo o estabelecimento de novos processos produtivos como destaca Tavares (1998).



Segundo Monchy (1989) o termo 'manutenção' foi amplamente utilizado no meio militar, paralelamente a ideia de se manter as unidades de combate em níveis funcionais de operação. No meio industrial o termo surge com maior aplicabilidade na década de 1950 do século XX, nos Estados Unidos.

#### 2.4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade e seu crescimento foi verificado a partir da revolução industrial, quando a demanda de serviços da manutenção foi intensificada.

Ainda no século XVI, com a invenção das máquinas têxteis a vapor já existia a necessidade da manutenção para o funcionamento da produção. Porém, existem relatos de que a manutenção é uma prática necessária desde a antiguidade.

Conforme Pascoli (1994) registros históricos demonstram que os vikings durante o século X dependiam do estado de suas esquadras para o sucesso de suas aventuras, os reparos em navios eram realizados em "diques" construídos em suas aldeias. Para realização dos serviços as embarcações após secas e com a utilização de ferramentas desenvolvidas especialmente para este fim eram reparadas. Estes foram os primeiros indícios da manutenção organizada que se tem registro.

Até meados de 1914 do século passado, a manutenção tinha um papel secundário à produção e era realizada pelos próprios operadores das máquinas. No entanto, com a introdução de meios de produção mais complexos, tais como a produção em série aplicada por Ford, as empresas observaram a necessidade de operar com equipes específicas para a realização de reparos no caso de quebras, com o menor tempo possível, conforme explica Tavares (1998).

Pascoli (1994) afirma que em meados da primeira guerra mundial e durante a implantação da linha de montagem em série de Henry Ford, a manutenção precisou criar equipes e desenvolver técnicas e métodos para atender às exigências do sistema produtivo e garantir a função dos equipamentos, uma vez que uma falha nos

equipamentos implicava na paralisação da produção, elevando os custos, reduzindo a produtividade e o lucro.

Nesse sentido, pode-se observar que a manutenção passou a figurar subordinada à operação, o que se conhece atualmente como manutenção corretiva.

Até os anos 1930, a manutenção corretiva prosseguiu subordinada à operação, com o objetivo de realizar a manutenção corretiva. Porém com o advento da Segunda Grande Guerra, novamente observou-se que o papel da manutenção merecia maior destaque, pois com o aumento da rapidez dos processos produtivos, além de corrigir falhas, a manutenção também passou a atuar de modo a evitá-las, por meio da prevenção.

Entre 1930 até 1947, conforme a evolução dos processos produtivos, ocorre o advento da manutenção preventiva, equiparada a produção. Por meio de intervalos de tempo preestabelecidos realizava-se a intervenção nas máquinas antecipadamente à ocorrência de falhas.

Segundo Tavares (1998), ao fim da década de 40 surge um órgão de assessoramento da manutenção, a Engenharia de Manutenção com a finalidade de planejar e controlar as atividades de manutenção além de analisar causas e efeitos das avarias. O surgimento da engenharia de manutenção foi impulsionado pelos efeitos pós guerra, pelo evolução da mecanização industrial com conseqüente falta de mão de obra qualificada e aumento da demanda de mercadorias.

Segundo Tavares (1998), somente por volta dos anos 1950, é que a manutenção passa a receber maior atenção de maneira científica. Por meio dos esforços industriais do pós-guerra na reconstrução dos países destruídos na Europa, a recente evolução da indústria aeronáutica e eletrônica, foi observado que o papel atual da manutenção industrial requeria uma nova abordagem, mais completa e complexa, surgindo assim, a Engenharia de Manutenção, que tinha como objetivos o planejamento e o controle da manutenção preventiva, por meio da análise de causas e efeitos de avarias nos maquinários.

Jasinski (2005, p. 16) explica em seu trabalho que:

Surgiu o que ficou conhecida como Manutenção Seletiva, a precursora da Preditiva ou baseada em condições. Em meados de 60; com a difusão do TQC (Total Quality Control ou Controle de Qualidade Total); acontece a quebra de um paradigma onde a manutenção era considerada secundária ou de menor importância, pois, a liderança deste grupo de melhoria de qualidade e produtividade caberia ao gerente de manutenção. Com o advento de computadores de maior tecnologia houve o desmembramento da EDM com o PCM onde coube ao PCM apenas o controle, planejamento e implantação dos sistemas de manutenção.

A partir dos anos 60 até meados de 1972, a manutenção adotou métodos modernos de controle surgindo também a necessidade da profissionalização gerencial.

A partir de 1973, ocorreu uma grande evolução da manutenção preventiva. Até então, esta era baseada em função do tempo e passou a ser vista de acordo com o desempenho e performance dos equipamentos. Através de técnicas que fornecem o diagnóstico preliminar de falhas nos equipamentos evidencia-se o uso da prevenção da manutenção.

Nos anos 1980 é que ocorre um salto importante na gestão da manutenção, com a implantação de programas computacionais no apoio a esta. A criação de programas de manutenção ajudaram sobremaneira na garantia da continuidade da produção, organizando os planos de manutenção e na tomada de decisões.

A este respeito afirma Jasinski (2005, p. 17):

Em 1980 com o surgimento dos microcomputadores, com uma linguagem simples, os profissionais de manutenção passaram a desenvolver seus próprios programas de gestão de manutenção e o PCM passou a ter uma importância tão grande que passa a ser um órgão de assessoramento da produção. Em 1993 a ISO revisa a norma e inclui a função Manutenção no processo de certificação dando reconhecimento desta função no aumento da confiabilidade, redução de custos, prazo de fabricação e entrega, garantia de segurança no trabalho e preservação do meio ambiente

Segundo Pinto e Xavier (2002), nas últimas décadas, as organizações vêm passando por transformações impulsionadas pelo aumento da competitividade e pelo grande desenvolvimento tecnológico gerando uma grande revolução nos processos produtivos. Grande parte desta revolução está relacionada com aos equipamentos de

produção e que a cada dia estão submetidos a metas cada vez mais desafiadoras em termos de qualidade dos produtos, redução de custos e produtividade.

No Brasil, conforme destaca Jasinski (2005), a manutenção tem uma história que começa com o início da industrialização, ocorrida no fim da década de 1920 e início de 1930, após a revolução, de onde surgiram empresas estatais como a CSN e a Petrobrás. Enquanto no Brasil acontecia apenas o início da era industrial, desde 1914 com a produção em série implantada por Ford, já havia uma certa organização da manutenção; para atender a uma necessidade de cumprimento de programas de produção.

Com o passar do tempo, principalmente com a introdução cada vez maior de empresas multinacionais no país, a mentalidade a respeito da manutenção foi sendo alterada e construída conforme sua importância no processo produtivo das empresas, sendo que ocorre uma evolução contínua nos processos e metodologias aplicadas ao seu gerenciamento, conforme as exigências do mercado altamente competitivo da atualidade.

#### 2.4.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Pinto e Xavier (2002), a intervenção realizada em instalações, sistemas ou mesmo em equipamentos e máquinas envolve vários tipos de manutenção, podendo ser, corretiva, preventiva, preditiva e detectiva. Completam os autores que ainda, pode-se considerar a manutenção corretiva planejada e a Engenharia de manutenção como complementares aos tipos apresentados.

Pinto e Xavier (2002) apresentam estes tipos de manutenção de maneira detalhada a seguir.

#### 2.4.2.1 Manutenção Corretiva não Planejada

Este tipo de manutenção se configura como o processo de corrigir a falha do equipamento ou caso seu desempenho seja menor que o esperado. Espera-se a ocorrência da falha para atuação da manutenção.

Levando-se em conta o custo/benefício, Xenos (1998) explica que se caracteriza como uma forma de manutenção mais barata, porém, com a possibilidade da ocorrência de prejuízos pela parada na produção. Dessa maneira, a manutenção corretiva não programada é mais empregada em equipamentos menos importantes do processo produtivo. No entanto, requer de todos os meios disponíveis para uma intervenção rápida.

#### 2.4.2.2 Manutenção Corretiva Planejada

Destacam Pinto e Xavier (2002) a respeito deste tipo de manutenção como uma decisão da gerência, sendo diversos os fatores que podem influenciar nesta decisão, tais como, acordo com a produção para a parada, procedimentos de segurança, planejamento mais detalhado, disponibilidade de peças, ferramental ou mão-de-obra terceirizada. Neste tipo de manutenção é possível planejar tempo e recursos, uma vez que a manutenção já é aguardada. Em comparação com a manutenção corretiva os custos são maiores.

#### 2.4.2.3 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é realizada com o objetivo de se evitar a falha ou defeito, ou mesmo a redução de desempenho do equipamento. Para tanto, deve ocorrer um planejamento antecipado, considerando intervalos regulares.

Segundo Pinto e Xavier (2002) por meio deste tipo de manutenção busca-se minimizar ao máximo a possibilidade de falhas, por meio de um controle criterioso e dos equipamentos. É considerada como a base das atividades de manutenção. Porém, pode atingir um custo elevado, pois a substituição de peças e componentes ocorre antes do final de sua vida útil.

Xenos (1998) explica que este tipo de manutenção deve ser adotado levando-se em consideração alguns aspectos, como principalmente, quando a manutenção preditiva não for possível, fatores que envolvam a segurança do trabalho de colaboradores e da planta, riscos ambientais ou mesmo equipamentos de operação contínua.

#### 2.4.2.4 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva também recebe a denominação de Manutenção sob condição ou Manutenção com Base no estado do equipamento. Segundo Pinto e Xavier (2002), por meio da alteração de parâmetros das condições ou mesmo do desempenho das máquinas e equipamentos realiza-se a intervenção preditiva. Com o equipamento funcionando é realizada uma previsão de possíveis falhas e deterioração, de acordo com os parâmetros analisados.

Aspectos que devem ser levados em consideração são os custos com este tipo de manutenção, especialmente no que diz respeito a disponibilidade de equipamentos de medição, mão-de-obra especializada. Entretanto, estes custos não são significativos quando comparados aos benefícios técnicos trazidos por este modelo de manutenção. Ainda afirmam Pinto e Xavier (2002) que a manutenção preditiva é a que menos causa intervenção na produção.

#### 2.4.2.5 Manutenção Detectiva

Tem como objetivo realizar a detecção de falhas que porventura não tenham sido percebidas pela operação ou mesmo pela manutenção.

Se caracteriza como a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, de acordo com Pinto e Xavier (2002).

Os autores ainda atribuem a este tipo de manutenção o processo realizado geralmente em componentes do processo que se configuram de difícil detecção de falhas, anteriormente à sua ocorrência. Foi na década de 1990 que este tipo de manutenção passou a figurar na literatura e cresce cada vez mais na atualidade, por permitir a detecção e correção de falhas com o processo em funcionamento.

#### 2.4.2.6 Engenharia da Manutenção

A engenharia da manutenção, como visto no contexto histórico da manutenção, surgiu como modernizadora da manutenção, uma vez que esta passou a ser considerada tão importante quanto a produção.

Segundo Pinto e Xavier (2002, p. 145) é definida como:

Deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto, interferir tecnicamente nas compras.

Muito mais que um método, a Engenharia de manutenção pode ser considerada, antes de tudo, uma cultura que se caracteriza pela utilização de dados para análise, estudos e melhorias nos padrões de operações e manutenção dos equipamentos, por meio de técnicas modernas.

A adoção da melhor prática de manutenção será a combinação dos vários métodos de acordo com a natureza e importância do equipamento para a produção sendo considerados custos, produtividade, meio ambiente e segurança. A tendência é escolher o método mais eficiente e econômico afirma Xenos (1998). Não há um método melhor que outro cada qual possui suas vantagens e desvantagens.

## 2.5 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A organização de um sistema de gestão para a manutenção deve ser baseada em um plano devidamente elaborado levando em conta todos os elementos da instalação, promovendo a redução de custos e elevando os lucros da empresa.

O ponto de partida para a organização depende da definição dos objetivos, dos princípios e da filosofia a ser adotada em função das atividades que serão executadas pela manutenção, conforme Nepomuceno (1989), que cita os seguintes pontos norteadores para o gerenciamento da manutenção: metas e objetivos da empresa; dimensões da empresa, bem como de suas instalações; amplitude da manutenção mais indicada; existência de pessoal em número suficiente para acompanhar sua expansão, assim como o preparo e o desempenho desse pessoal; e, critérios de qualidade, projetados e pretendidos.

Na organização da manutenção são fundamentais as funções de apoio da manutenção, que segundo Xenos (1998, p. 55-56) de forma resumida são:

- Tratamento de falhas dos equipamentos: Atividades de remoção dos sintomas das falhas e identificação de suas causas fundamentais para estabelecer medidas de ação adequadas. O registro de análise de dados sobre as falhas dos equipamentos também é incluso neste tópico, permitindo-se identificar de forma objetiva os tipos de falhas que acontecem com maior frequência e em que equipamentos ocorrem.
- Padronização da Manutenção: A padronização da manutenção é a utilização dos procedimentos e padrões técnicos e gerenciais relacionados com atividades de manutenção, incluindo manuais, catálogos, padrões de inspeção e procedimentos



dos testes dos equipamentos. Trata-se então da elaboração, atualização, arquivamento e controle dos documentos técnicos relativos aos equipamentos.

- Peças reserva e almoxarifado: O objetivo desta função é adquirir, armazenar e controlar as peças de reposição e materiais de consumo dos equipamentos. Esta é uma das funções mais críticas e que pode dificultar a execução da manutenção se não for gerenciada de maneira eficiente.

- Orçamento da Manutenção: O objetivo desta função é distribuir e controlar os recursos financeiros alocados ao departamento com base no plano de manutenção para os próximos períodos. Compreende basicamente os custos com a mão de obra, serviços terceirizados e materiais.

- Educação e Treinamento: É o conjunto de atividades de transferências e prática do conhecimento que visa a formar pessoal capacitado a desempenhar funções dentro do departamento de manutenção. Pode-se incluir também o treinamento dos operadores para realizarem algumas tarefas de manutenção preventiva no dia-a-dia de produção.

- Planejamento da Manutenção: O planejamento da manutenção pode ser entendido como as ações de preparação dos serviços de manutenção preventiva, que define quando as ações deverão ser executadas, envolvendo a distribuição dos serviços em um determinado período, bem como a previsão de mão de obra, materiais e ferramentas necessárias. O planejamento permite dimensionar de maneira correta estes recursos, dando previsibilidade ao processo de manutenção (XENOS, 1998, p. 56).

Em específico, este último tópico, o planejamento da manutenção, se caracteriza como de extrema importância, pois define como as ações de preparação e enumeração de todos os recursos necessários à execução do trabalho, definindo quando e como realiza-lo. Para o planejamento deve-se considerar antes da execução da tarefa os seguintes aspectos: atividade, materiais, ferramentas, acesso a equipamentos e liberação para ação.

As seguintes atividades são desenvolvidas no planejamento da manutenção, conforme relata Pinto e Xavier (2002, p. 78).

- Detalhamento dos serviços: fase onde são definidas as principais tarefas, recursos necessários e tempo de execução para cada uma delas;
- Microdetalhamento: são inclusos ferramentas, máquinas e dispositivos que podem se constituir em gargalos ou caminhos críticos na cadeia de programação;
- Orçamento dos custos: define-se os custos dos recursos humanos, hora/máquina e de materiais para a execução do serviço;
- Facilitação do serviço: consiste na análise prévia do serviço fornecendo informações básicas aos executantes de modo a subsidiar ações para o aumento da produtividade.

O controle da manutenção diz respeito aos processos que atuam juntamente com ela e que geralmente estão presentes em softwares de gerenciamento e controle do sistema de manutenção.

Estes programas são relacionados a serviços, materiais diversos, peças sobressalentes, emissão de ordens de serviços (corretiva), programa de manutenção preventiva, priorização de paradas, controle preditivo, mão de obra, custos indicadores entre outros.

De acordo com Tavares (1998), na década de 1980, com o avanço da tecnologia, que resultou em um acesso mais facilitado à informática, as associações de manutenção em desenvolvimento em diversos países, sobretudo na Europa, passaram a criar seus próprios programas de processamento de dados específicos sobre manutenção. Criou-se assim, em algumas empresas a metodologia de 'Planejamento e Controle da Manutenção – PCM' paralelamente ao 'Planejamento e Controle da Produção – PCP', por se considerar tão importante para o planejamento das operações.

Ainda nos estudos de Tavares (1987), são realizadas menções ao chamado “sistema de manutenção”, em que na realização da atividade de manutenção ocorre a geração e coleta de inúmeras informações, que devidamente tratadas, com tempo apropriado, têm a possibilidade de produzir relatórios destinados à tomada de decisões com relação à atividade.

A este sistema o autor conceitua como: “a associação de métodos e elementos organizados segundo um meio lógico para atender um objetivo específico.” (TAVARES, 1987, p. 25). Logicamente, segundo a conceituação do autor, isto pode ser aplicado a qualquer sistema de informação gerencial, devido a sua capacidade de tratamento de dados, ou seja, coleta, processamento e resposta para tomada de decisões.

Na classificação oferecida por Tavares (1987), os sistemas de manutenção podem ser divididos em:

- a) Sistema de controle manual: é aquele em que o sistema de manutenção é controlado através de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas e arquivos metálicos. Esse sistema opera ineficientemente, dependendo do volume de equipamentos e instalações que estão sob gerenciamento da manutenção. Não possibilita a geração instantânea de relatórios para a tomada de decisão.
- b) Sistema de controle semi-automatizado: as atividades de manutenção corretiva são controladas e analisadas manualmente, enquanto as ações preventivas são auxiliadas por computador. Não há, portanto, uma possibilidade de tratamento e geração de informações baseadas no histórico dos equipamentos, ficando difícil a análise de indicadores como a confiabilidade.
- c) Sistema de controle automatizado: é aquele em que as informações relativas as atividades de manutenção são transferidas ao computador para análise e controle. Esse sistema pode ser estruturado de forma a atender uma ampla gama de empresas, gerando relatórios funcionais através da alimentação manual dos dados pelo Planejamento e Controle da Manutenção.
- d) Sistema de controle por microcomputador: as informações são alimentadas e obtidas diretamente do computador. É, sem dúvida, o sistema de tecnologia mais avançada, mas acaba restringindo-se a algumas indústrias específicas, onde as empresas possuem equipamentos com tecnologia de ponta.

Com esta classificação, verifica-se que cada vez mais as empresas têm adotado os sistemas de manutenção de controle automatizado, ou mesmo, o sistema de controle por microcomputador, devido as imensas possibilidades oferecidas pelas inovações tecnológicas existentes.

Cabe ressaltar ainda que de acordo com as peculiaridades de cada sistema ou processo produtivo, é necessária a adequação de um programa computacional para a manutenção, de acordo com a natureza do processo, das máquinas e equipamentos utilizados. Em outras palavras, cada empresa apresenta uma necessidade diferente e isso deve ser analisado no momento de se empregar um sistema de informações para a manutenção.

Voltando a mencionar o contexto dos programas utilizados em manutenção, Tavares (1998) atribui a Engenharia de Manutenção o desenvolvimento de fatores de manutenção com base em condições de maneira mais avançada, juntamente com sistemas automatizados ou informatizados para o planejamento e controle, o que possibilitou a minimização de serviços burocráticos das equipes de manutenção.

Nesse sentido, a partir desta divisão a Engenharia de Manutenção passou a se preocupar e atuar em duas frentes, primeiro, nos estudos de ocorrências crônicas e em segundo lugar, no Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). O PCM tem o objetivo de desenvolver, organizar e analisar os resultados da atividade de manutenção, tendo como suporte para isto um sistema informatizado.

Moreira Neto (2013) destaca que:

Em consequência, o PCM (assim como a Engenharia de Manutenção), passou a desempenhar importante função estratégica dentro da área de produção, através do registro das informações e da análise de resultados, auxiliando os gerentes de Produção, Operação e Manutenção na tomada de decisão, sendo então recomendado que tanto a Engenharia de Manutenção quanto o PCM passem a ocupar posição de “staff” a toda a área de produção (nas empresas de processo e serviço).

Notadamente, a importância de sistemas de informação para as empresas só cresce, sendo uma poderosa ferramenta para a agilidade da atividade de manutenção e para a tomada de decisões a nível gerencial.

Michalski (2005, p. 21) destaca que as empresas passam a depender de informações de todo o seu processo produtivo para uma gestão mais efetiva. No que diz respeito ao PCM, este contribui com as seguintes atribuições:

- Assessorar a gerência em tudo que se refira à programação e controle;
- Assessorar o órgão competente na seleção e administração de contratos de serviços de terceiros;
- Assessorar o órgão competente na Manutenção do patrimônio técnico da gerência;
- Assessorar o órgão competente na avaliação e definição das necessidades de treinamento do pessoal pesquisando cursos mais adequados;
- Revisar as programações e instruções de Manutenção;
- Avaliar pontos de perda de produtividade emitindo sugestões.

Como demonstram diversos autores da área, a utilização de softwares para a gestão da manutenção vai além de simplesmente organizar a atividade de manutenção em si. Serve, sobretudo como uma ferramenta de apoio à agilidade, ao planejamento, a programação da manutenção e principalmente à oferta de dados para a tomada de decisões a nível estratégico.

Pinto e Xavier (2002) explicam que apesar da disponibilidade existente no mercado de um grande número de softwares, recomenda-se sempre um desenvolvimento específico para cada empresa evitando-se assim as incompatibilidades de comunicação entre os bancos de dados existentes na empresa garantindo o total aproveitamento destes dados após cadastrados e atualizados.

## 2.6 ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)

Segundo Moura (1997), a metodologia FMEA teve destaque a partir da indústria aeroespacial a partir da década de 1960 do século passado, apesar de ser utilizada em outras áreas.

Segundo Leopoldino (2007), a metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), se caracteriza como um conjunto de técnicas que tem como objetivo principal identificar e evitar a ocorrência de falhas tanto em projetos de produtos,

quanto nos processos de produção. Visa também apresentar ações de melhorias nestas fases.

Basicamente, pode-se afirmar que esta metodologia se propõe a diminuir as chances de ocorrência de falhas nos processos e conseqüentemente no produto final.

A metodologia FMEA baseia-se nos seguintes princípios:

- a) reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto / processo e os efeitos desta falha;
- b) identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência de uma falha potencial;
- c) documentar todo o processo.

Dessa maneira, o objetivo principal da FMEA é realizar todo um processo de análise que previna a existência de falhas tendo em vista a satisfação do cliente final.

Em outras palavras, a base do processo é o alcance da qualidade. Quando o produto apresenta falhas, caracteriza um dos principais aspectos que desagrada o cliente, e nesses tempos de alta concorrência, pode representar um fator de perda deste cliente e fatalmente do mercado.

Em uma dimensão mais ampla, o prejuízo pode ser maior ainda, no que diz respeito ao consumidor, que corre sérios riscos quando um produto apresenta falhas.

Moura (2000) afirma que na atualidade há um grande compromisso das empresas em apresentar melhoria contínua em seus processos e produtos. Deste modo o uso da FMEA se torna importante, devido ao seu caráter de identificar e auxiliar na eliminação as falhas em potencial. Diversos estudos demonstram que a utilização da FMEA, quando bem organizada, poderia ter prevenido falhas de processos e de produtos, especialmente na indústria automobilística.

Ainda Moura (2000) afirma que para a implementação perfeita da FMEA, é o momento em que esta ocorre e deve ser anteriormente ao evento e não depois do fato ocorrido. Ou seja, a análise deve estar centrada anteriormente à ocorrência da falha para que esta não ocorra.

Existem três situações básicas que justificam a geração de uma FMEA, sendo que cada uma tem um escopo e um foco diferentes, que segundo Leopoldino (2007) são:

- 1) Novos projetos, nova tecnologia ou novo processo. O escopo da FMEA é o projeto, tecnologia ou processos completos.
- 2) Modificações em projeto ou processo existentes (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA deveria focar na modificação do projeto ou processo, possíveis interações devido à modificação e histórico de campo.
- 3) Uso de um projeto ou processo existentes em um novo ambiente, localização ou aplicação (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA é o impacto do novo ambiente ou localização no projeto ou processo existente.

Cabe destacar ainda, que geralmente a responsabilidade pela preparação da FMEA é de uma pessoa apenas, o engenheiro, porém, segundo Leopoldino (2007) este deveria ser um trabalho de equipe, ou seja, de todos os envolvidos no processo ou projeto, um trabalho de caráter multidisciplinar.

Assim, um perfeito planejamento e análise criteriosa pode fazer da FMEA uma ferramenta primordial na identificação e eliminação ou minimização de falhas, garantido ao produto final maior qualidade e confiabilidade, o que resulta na satisfação do cliente.

Como já mencionado, o FMEA se caracteriza como uma exigência para todas as organizações e normas da qualidade. Algumas organizações ou normas não se referem especificamente como FMEA ou outra sigla. Entretanto, exigem dos funcionários e dos fornecedores um esforço genuíno de previsão dos problemas potenciais e implementação das melhores opções possíveis para prevenção ou controle desses modos de falha potenciais.

Segundo Palady (2004), isso faz parte do processo de pensamento do engenheiro quando está projetando ou revisando um produto, processo ou serviço.

Ainda Palady (2004) afirma que todas as empresas concordam que o risco de introduzir um novo projeto ou mudança de projeto deve ser totalmente avaliado

Pode-se dizer que a FMEA destaca-se como uma exigência universal para organizações e padrões da qualidade.

De acordo com Toledo e Amaral (2006), na atualidade, para algumas organizações, a FMEA é exigência dos programas da qualidade para a própria organização e seus fornecedores. Alguns exemplos incluem a norma QS 9000 (Quality System) da indústria automobilística (Chrysler/Ford/General Motors) e a Norma do Departamento de Defesa 1629 A (atualmente em revisão). A FMEA está sendo considerado para normas de qualidade que servem como diretrizes, embora não sirvam como exigências, em outros setores, por exemplo, o cGMP (*current Good Manufacturing Practices* — Boas Práticas de Produção atuais) da *Food and Drug Administration*, e a série de qualidade da *International Organization for Standards*, as normas ISO 9000.

Como benefícios mensuráveis da aplicação da FMEA, Toledo e Amaral (2006) explicam que esta ferramenta exige um custo inicial da organização. Isso inclui tempo dos membros da equipe e uma das atividades mais caras, as reuniões. Esse custo inicial pode ser um investimento, se a FMEA for realizado com eficácia. Esse retorno do investimento será percebido pelo cliente, bem como pela organização, sob a forma de redução dos custos de falha.

Palady (2004) explica que a redução do custo de falha, resulta em dividendos maiores. As organizações podem incluir as despesas associadas à empresa em uma das três categorias: a) Custo de prevenção; b) Custo de avaliação, e; c) Custo de falha.

A figura 1 a seguir apresenta estas categorias.



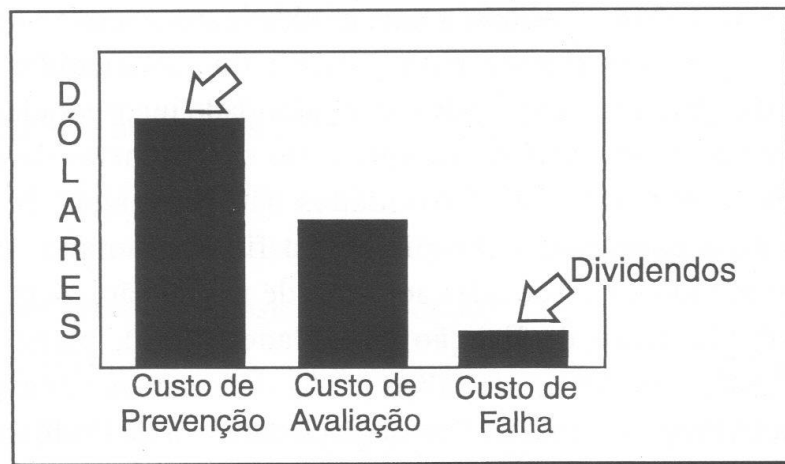


Figura 1 – Custos da FMEA

Fonte: Palady (2004, p. 11)

De acordo com o que demonstra a Figura 1, o desenvolvimento e a manutenção da FMEA se configura como um custo de prevenção. Uma organização que investe nessa categoria pode ou não perceber um retorno substancial do investimento. Dependerá da eficácia com que as ferramentas de prevenção foram implementadas, exigindo um sólido conhecimento prático dessas ferramentas.

A Figura 2 representa um exemplo de três cenários possíveis que refletem o custo total de uma organização, sendo que as barras número 1 representam uma organização que investe pouco em prevenção, sendo forçada a alocar grande parte de seu fluxo de caixa na categoria de custo de falha. As barras número 2 representam uma organização que investe em prevenção com retornos substanciais através da redução do custo de falha. Já as barras número 3 representam uma organização que investe pesado no treinamento em prevenção; porém, sem implementação eficaz.

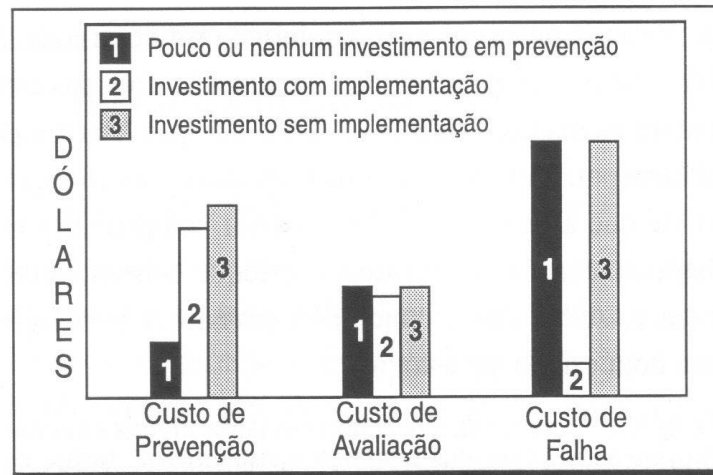


Figura 2 – Cenários que refletem o custo total

Fonte: Palady (2004, p. 11)

Segundo o que afirma Palady (2004), o custo de avaliação está associado a uma atividade que todas as organizações devem conduzir periodicamente para garantir que as medidas corretivas estabelecidas para garantir a qualidade e confiabilidade incorporadas ao projeto ainda funcionam e são eficazes no cumprimento dessas metas da qualidade e confiabilidade.

De um modo geral, afirma o autor que essas atividades são chamadas de auditoria, levantamento de acompanhamento e inspeção final. Exemplos de algumas ferramentas ou atividades associadas ao custo de prevenção, além da FMEA, incluem: Desdobramento da Função Qualidade (QFD), planejamento de confiabilidade, Análise da Árvore de Falhas (FTA), delineamento de experimentos, Métodos Taguchi/Projeto Robusto, Prevenção Estatística de Problemas, projeto de tolerância e tolerância estatística. Entre os exemplos de custo de falha estão: mudanças de engenharia baseadas em falhas ocorridas, custos adicionais resultantes de planejamento deficiente, classificação, sucata, retrabalho e todos os outros custos resultantes de falhas, inclusive as falhas mais dispendiosas, duradouras e prejudiciais como a insatisfação do cliente, a reputação da empresa, e perda de fatia de mercado (PALADY, 2004).

Para Toledo e Amaral (2006), ainda como possibilidades da utilização da FMEA, podem ser observados os seguintes aspectos: acréscimo dos níveis de produtividade e da qualidade do produto/processo; significativa economia nos custos

e no tempo de desenvolvimento; pode servir como um direcionador para testes mais eficientes; aponta um caminho rápido para a resolução de problemas; diminui alterações de engenharia; potencializa a satisfação dos clientes; minimiza a ocorrência de imprevistos no processo, dentre outros.

Já no que diz respeito as dificuldades da implementação da FMEA, Palady (2004) destaca que um dos erros mais comuns é a falta de planejamento. Com muita frequência, a equipe decide começar a elaborar o formulário de FMEA imediatamente, listando a função mais óbvia, os modos de falhas e os subseqüentes efeitos dos modos de falha, tentando passar diretamente às ações recomendadas. Essa abordagem pode criar confusão, adicionar custos desnecessários e limitar a utilidade da FMEA completo.

Toledo e Amaral (2006) assinalam que outro aspecto a ser destacado é a probabilidade de que os profissionais que possuem experiência prática nas aplicações do FMEA sejam capazes de identificar, de imediato, alguns dos problemas atribuídos ao desenvolvimento de FMEAs sem planejá-las. Muitos desses problemas aparecem sob a forma de perguntas ou estimulam discussões prolongadas, que podem tornar o início do projeto mais lento, porém, podem aumentar as chances de uma conclusão bem-sucedida por parte da equipe responsável. Por outro lado, a falta de planejamento traz grande probabilidade de não se poder concluir a FMEA como um trabalho de equipe e seus resultados/benefícios poderão ser questionáveis.

A responsabilidade pelo FMEA também pode caracterizar um erro comum. A distribuição das responsabilidades de maneira igualitária entre os membros da equipe pode resultar em entraves na sua implementação. Palady (2004) explica que a FMEA deve ser atribuído a um indivíduo apenas (geralmente ao engenheiro), que será responsável pelo orçamento, duração, e, sobretudo, pela eficácia do processo.

Já no nível de desenvolvimento, este deve ser realizado por uma equipe, e não por um único indivíduo, dado o caráter multidisciplinar do processo. Geralmente o engenheiro detém o maior conhecimento na equipe, porém, não conhece tudo. Nesse sentido, o envolvimento da equipe como um todo é fundamental para a eficácia da FMEA.

Por fim, como obstáculos mais comuns à aplicação da FMEA, Palady (2004) destaca que esta ferramenta não serve para substituir o trabalho da engenharia, nem todos os modos de falha concebíveis devem ser avaliados na FMEA; a FMEA não se caracteriza como ferramenta para seleção do conceito de projeto ideal; a FMEA, como ferramenta, também possui suas limitações.

No capítulo a seguir passa-se a apresentar a análise e discussão dos dados da pesquisa.

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa, um estudo multicasos sobre a aplicação da metodologia FMEA, em diferentes contextos da manutenção. Como já mencionado, foram analisados diversos casos e seus resultados com a aplicação da referida ferramenta.

#### 3.1 CASO 1: ANÁLISE DE FALHA APLICADA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO

O primeiro caso analisado, diz respeito ao trabalho realizado por Takayama (2008), com a aplicação da metodologia FMEA em análise de falha aplicada ao planejamento estratégico da manutenção.

O objetivo principal do estudo foi identificar as possibilidades da aplicação da identificação de falhas por meio da metodologia FMEA, para um melhor planejamento da manutenção.

O estudo de caso envolveu um equipamento denominado de “moinho de bolas”, que é utilizado para moer a matéria prima que passa por ele. O equipamento consiste em um cilindro de grandes proporções, que contém esferas de chumbo do tamanho aproximado de um limão, de onde provém o nome do equipamento. Seu funcionamento consiste em moer o material que passa pelo cilindro, devido a exigência de uma matéria prima de menor granulometria para o processo produtivo (TAKAYAMA, 2008).

O referido equipamento apresentou quebras sucessivas em quatro datas próximas, influenciando negativamente no alcance das metas pela equipe, o que motivou a manutenção da empresa a aplicar a metodologia FMEA.

Diversas ações paliativas foram tomadas pela equipe de manutenção, com o objetivo de manter o equipamento funcionando. Tais medidas não surtiram efeito, pois a máquina voltou a quebrar.

Com a aplicação da FMEA, verificou-se que a falha estava centrada na falta de um planejamento adequado de manutenção preditiva para o uso do equipamento, tendo em vista que este se caracteriza como crítico para o processo. Por meio da metodologia foi possível identificar e sanar o problema, estabelecendo um planejamento estratégico de manutenção, o que resultou na minimização de paradas com perdas na produção.

De acordo com Helman e Andery (1995), a coleta de informações desenvolvida no FMEA, auxilia sobremaneira a equipe na descoberta das causas das falhas, o que possibilita uma intervenção da manutenção para preveni-las.

Nesse sentido, a aplicação da FMEA foi adequada para o objetivo proposto no estudo.

### 3.2 CASO 2: ANÁLISE DE FALHA NOS REDUTORES DE VELOCIDADE BENZLERS DAS PRENSAS DE LAVAGEM DA LINHA DE FIBRAS EM UMA FÁBRICA DE PAPEL E CELULOSE NO EXTREMO SUL DA BAHIA

O segundo caso analisado diz respeito ao trabalho de Santos; Martins e Silva (2013), no qual foi aplicada a metodologia FMEA para a detecção de falhas em uma máquina do processo produtivo de papel e celulose.

Segundo os autores, a pesquisa foi desenvolvida de modo a analisar as falhas no equipamento, devido a grande vazamento de óleo lubrificante em uma prensa de lavagem de polpa de celulose, mais especificamente nos redutores de velocidade desse equipamento.

Com o levantamento dos dados, de acordo com a metodologia, constatou-se que o óleo vazando por meio dos retentores dos redutores de velocidade, causavam sérios prejuízos financeiros, sendo, 97,3 litros/mês, perfazendo um total de mais de R\$ 3.000,00 em um período de cinco meses, recorte temporal estabelecido para a pesquisa (SANTOS; MARTINS; SILVA, 2013).

Com a aplicação do formulário FMEA, foram apontadas diversas falhas no retentor utilizado, desde o material utilizado, seu tempo de uso, montagem inadequada, presença de vapor de água e tempo de estocagem do retentor,

ressecamento, o que faz com que o equipamento, às vezes, ultrapasse sua vida útil (SANTOS; MARTINS; SILVA, 2013).

Como resultados mais expressivos do estudo, adotadas as medidas de controle houve diminuição do uso de retentores, bem como o desperdício de óleo foi eliminado, provando que aqui também o uso da FMEA na manutenção cumpriu os objetivos propostos.

### 3.3 CASO 3: APLICAÇÃO DE FMEA NA ANÁLISE DE RISCOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO EM SALA LIMPA: UMA PROPOSTA PARA BIO-MANGUINHOS

O terceiro estudo de caso foi realizado na indústria farmacêutica, por Leal (2011) e teve como objetivo “realizar uma análise de risco a uma unidade de tratamento e de distribuição do ar já instalada, a fim de conhecer o nível do risco de um mau funcionamento desse equipamento na sala limpa”

A pesquisa analisou ambientes controlados na indústria farmacêutica. A aplicação da FMEA se deu a partir da constatação de falhas nesses ambientes, o que vinha prejudicando o processo há algum tempo.

O alvo do estudo foi o equipamento destinado à refrigeração de ar, responsável por alimentar um conjunto de salas limpas, reservadas para a manipulação de medicamentos injetáveis. Segundo Leal (2011, p. 15) nestas salas ocorre “a filtração estéril de meios e de soluções utilizadas na fabricação de vacinas vacina sarampo, caxumba, rubéola e vacina febre amarela (atenuada); portanto o mau funcionamento desse equipamento interfere diretamente na qualidade do produto final injetável.”

Com o levantamento de dados, verificou-se grande variabilidade e especificidade do processo, bem como dos produtos fabricados, o que, de certa forma, inviabiliza o uso da FMEA, como destaca Leal (2011, p. 16):

FMEA geralmente lida com modos de falha individual e os efeitos desses modos de falha no sistema. Cada modo de falha são tratadas como independentes. O procedimento é, portanto, impróprio para análise de falhas dependentes ou falhas resultantes de uma seqüência de eventos. Para determinar o impacto de uma falha, é preciso considerar de nível superior induzido – resultante falhas e, possivelmente, o mesmo nível de

falhas induzidas. A análise deverá indicar, sempre que possível a combinação de modos de falha ou de sua seqüência, que foi a causa de um efeito de nível superior. Nesse caso, a modelagem adicional é necessária para estimar a magnitude ou probabilidade de ocorrência de tal efeito.

Nesse sentido, mesmo com a aplicação correta da metodologia, a aplicação da sequencia usual, o levantamento das falhas, a metodologias se mostrou eficiente. Foram levantados problemas como falhas de diversas naturezas em ventiladores, correias frouxas, meio filtrante rompido, dentre outros (LEAL, 2011).

Nesse sentido, a FMEA possibilitou o levantamento dessas falhas desde a sua raiz, contribuindo e demonstrando que tal metodologia é perfeitamente adaptável para qualquer situação. Sequencialmente, por meio de solicitação dos clientes, a empresa aplicou as correções necessárias para a melhoria da qualidade do processo e conseqüentemente, do produto.

#### 3.4 CASO 4: CONCEITOS DA METODOLOGIA FMEA APLICADOS A UMA UNIDADE DE BRITAGEM MÓVEL DE MINÉRIO DE FERRO

Este estudo foi realizado em Mariana, Minas Gerais, em uma Mineradora de minério de ferro, desenvolvido por Lima (2011, p. 11), com o objetivo: “Criar um plano de manutenção e maximizar o uso de um britador móvel, instalado em uma mina de minério de ferro, através da aplicação da metodologia FMEA.”

Por meio da aplicação da metodologia, a justificativa do autor foi de potencializar a manutenção da empresa, voltada para equipamentos e máquinas de elevada importância no processo, o que significaria a redução de custos com paradas não programadas e com manutenção corretiva.

A aplicação da FMEA foi realizada com o intuito de levantar possíveis modos de falha e aplicar as medidas corretivas e preventivas antes da ocorrência e posteriores gastos com manutenção.

O equipamento, foco deste estudo, um britador de minério móvel, é utilizado para diminuir a granulometria da matéria prima. Conforme avança o local da lavra,



este equipamento acompanha o deslocamento fazendo a redução do produto (LIMA, 2011).

Nesse sentido, a máquina foi inspecionada como um todo, visando identificar os modos de falha em todos os seus componentes fixos e móveis. Com este levantamento foi possível estabelecer as ações a serem tomadas em cada caso.

Pode-se observar que este trabalho foi minucioso na aplicação da FMEA. Segundo Lima (2011), com a aplicação da metodologia foram estabelecidas: “Vinte e oito ações preventivas. Quarenta e uma ações de inspeção em 326 pontos de medição e quatro ações de melhoria.”

A partir daí, ocorreu a elaboração de um planejamento da manutenção, com as modificações necessárias realizadas. Ao se verificar as necessidades de manutenção do equipamento após as ações de melhoria tomadas, observou-se que em cinco meses posteriores ao estudo e a implementação de melhorias, os níveis de manutenção reduziram drasticamente e se mantiveram estáveis.

Isso comprova, mais uma vez, a efetividade da ferramenta FMEA, para a manutenção, seja ela em qualquer nível. Entretanto, é extremamente necessário o planejamento para a aplicação, fato que interfere positiva ou negativamente na metodologia.

### 3.5 CASO 5: ANÁLISE DE RISCO POR METODO FMEA EM ABERTURA DE LINHA NA MANUTENÇÃO DE BOMBEAMENTO DE AMÔNIA

Neste estudo, foi realizada a aplicação da FMEA na manutenção de bombeamento de amônia, em uma indústria de purificação e envase de gás carbônico para a indústria alimentícia, especificamente de bebidas. O sistema estudado se caracteriza como tanques de amônia dotados de bombas (duas) em paralelo e válvulas de controle.

O objetivo do estudo foi: “aplicar uma metodologia de análise de risco em procedimento de manutenção do bombeamento oriundo de um tanque de amônia

em indústria de Gás Carbônico em Araucária/PR para identificar possíveis melhorias nos controles operacionais presentes” (DIAS, 2015, p. 11).

A amônia é utilizada em sistema de refrigeração industrial já há algum tempo no Brasil. Envolve bastante cuidado pois se caracteriza como uma operação de risco, pois a amônia é um produto perigoso, carecendo de técnicas específicas e segurança total, devido aos danos que podem ser causados.

Com a aplicação da metodologia foram levantados três principais problemas que envolvem a segurança da operação, sendo eles: a falha humana, falha da tecnologia e o desgaste físico de peças e equipamentos.

Afirma Dias (2015) que por meio da FMEA, foi possível estabelecer 3 ações imediatas sobre os problemas encontrados. Com relação a falha humana, sugeriu-se reduzir o tempo de exposição do trabalhador de 3 para 2 horas. A falha tecnológica consiste em atualizar o sistema existente, de modo a otimizar o processo de esgotamento da amônia. Em terceiro lugar, o desgaste físico pode ser sanado com um programa de manutenção preventiva, o que minimizaria o tempo gasto com paradas inesperadas de natureza corretiva.

A dificuldade encontrada por Dias (2015) foi a falta da existência de uma equipe multidisciplinar para realizar análises mais específicas no processo. Isso foi considerado pelo autor como impeditivo de apresentar resultados mais precisos. Porém, afirma que a metodologia FMEA pode ser inserida perfeitamente na área de manutenção, custando apenas planejá-la com critério.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE COMPARATIVA

Neste tópico é apresentada a análise comparativa sobre os casos analisados na pesquisa. O quadro a seguir apresenta os principais pontos encontrados.

Quadro 3 – Quadro comparativo para análise dos resultados da aplicação da metodologia FMEA para a melhoria da manutenção da produção

CASO	OBJETIVO	RESULTADOS	BENEFÍCIOS PARA A EMPRESA	DIFICULDADES ENCONTRADAS
CASO 1	Identificar as possibilidades da aplicação da identificação de falhas por meio da metodologia FMEA no planejamento da manutenção.	Verificou-se que a falha estava centrada na falta de um planejamento adequado de manutenção preditiva para o uso do equipamento, tendo em vista que este se caracteriza como crítico para o processo.	Por meio da metodologia foi possível identificar e sanar o problema, estabelecendo um planejamento estratégico de manutenção, o que resultou na minimização de paradas com perdas na produção.	O tempo excessivo para estabelecimento das ações foi a maior dificuldade neste caso, devido ao planejamento ineficiente no início da aplicação da metodologia.
CASO 2	Detectar falhas em uma máquina do processo produtivo de papel e celulose, devido a grande vazamento de óleo lubrificante em uma prensa de lavagem.	Constatou-se que o óleo vazando por meio dos retentores dos redutores de velocidade, causavam sérios prejuízos financeiros.	Adotadas as medidas de controle houve diminuição do uso de retentores, bem como o desperdício de óleo foi eliminado.	Falta de conhecimento da ferramenta pela equipe responsável pela aplicação da metodologia.
CASO 3	Realizar uma análise de risco a uma unidade de tratamento e de distribuição do ar já instalada, a fim de conhecer o nível do risco de um mau funcionamento desse equipamento na sala limpa.	Foram levantados problemas como falhos de diversas naturezas em ventiladores, correias frouxas, meio filtrante rompido, dentre outros.	Sequencialmente, por meio de solicitação dos clientes, a empresa aplicou as correções necessárias para a melhoria da qualidade do processo e conseqüentemente, do produto.	Grande variabilidade e especificidade do processo, bem como dos produtos fabricados, o que, de certa forma, inviabiliza o uso da FMEA
CASO 4	Criar um plano de manutenção e maximizar o uso de um britador móvel, instalado em uma mina de minério de ferro, através da aplicação da metodologia FMEA	Com a aplicação da FMEA foram estabelecidas: 28 ações preventivas. 41 ações de inspeção em 326 pontos de medição e 4 ações de melhoria.	Observou-se que em cinco meses posteriores ao estudo e a implementação de melhorias, os níveis de manutenção reduziram drasticamente e se mantiveram estáveis.	Com planejamento minucioso, requer-se bastante tempo para aplicação da FMEA.
CASO 5	Aplicar uma metodologia de análise de risco em procedimento de manutenção do bombeamento oriundo de um tanque de amônia em indústria de Gás Carbônico para identificar possíveis melhorias nos controles operacionais.	Foram levantados três problemas que envolvem a segurança da operação: a falha humana, falha da tecnologia e o desgaste físico de peças e equipamentos.	Foi possível estabelecer 3 ações imediatas sobre os problemas encontrados.	Falta de uma equipe multidisciplinar para realizar análises mais específicas no processo. Isso foi considerado pelo autor como impeditivo de apresentar resultados mais precisos.

Fonte: O Autor (2015)

De acordo com este comparativo pode-se observar que o uso da metodologia FMEA pôde ser testada e aplicada em diferentes contextos da manutenção, possibilitando algumas conclusões acerca da ferramenta.

Em todos os casos, mesmo que em situações diferentes, os objetivos da aplicação da FMEA foram no sentido de identificar falhas que vinham ocorrendo nos processos, e a partir daí, estabelecer ações corretivas.

Os resultados apresentados mostraram que foi possível identificar tais irregularidades ou não conformidades e a partir daí, com o estabelecimento das ações corretivas, as empresas alcançaram benefícios que puderam ser verificados a curto, médio e longo prazos.

As dificuldades encontradas pelas empresas analisadas ficaram centradas em pontos específicos para a aplicação da ferramenta, tais como, o uso correto da metodologia, a formação de equipes multidisciplinares e principalmente, a falta de um planejamento criterioso, aspecto necessário ao estabelecimento da metodologia, o que foi apontado em alguns dos casos, como fator de demora para o trabalho efetivo com a ferramenta.

Verificou-se, que mesmo com as dificuldades encontradas a metodologia mostrou-se bastante eficiente para o fim proposto em todos os casos, o diagnóstico de problemas nos diferentes contextos em que foi aplicada.

## 4 CONCLUSÃO

O setor de manutenção de uma empresa requer atenção, pois os gastos com manutenção mal ou não planejada, pode custar muito caro. Nesse sentido, a constante preocupação das organizações com custos e com a qualidade oferecida a seus clientes é palavra de ordem, dadas as exigências do mercado na atualidade.

O presente trabalho teve o objetivo de analisar os resultados da aplicação da metodologia FMEA para a melhoria da manutenção na produção e para isso foram apresentados exemplos de aplicação da metodologia FMEA em diferentes contextos da indústria, apresentando um estudo multicase. Nesse sentido foram pesquisadas publicações a respeito do tema.

Este trabalho demonstrou que a metodologia FMEA vem sendo utilizada pelas empresas, e neste caso, pela área de manutenção, apresentando resultados completos para a análise de falhas, suas causas e efeitos. Os resultados alcançados, e com poucas discrepâncias, mostram que a FMEA pode ser utilizado nos mais variados contextos da produção industrial, como nos setores analisados e principalmente na manutenção das empresas pesquisadas.

Entretanto, como observado, esta ferramenta requer um bom nível de preparo e de planejamento por parte de seus executores, tanto do responsável direto, quanto da equipe executante, pois como qualquer metodologia a FMEA apresenta algumas limitações, tais como os resultados alcançados quando da falta de planejamento por parte dos executantes, requerendo ajustes.

Dentre os problemas encontrados nos casos analisados destaca-se: o tempo excessivo para estabelecimento das ações, devido ao planejamento ineficiente no início da aplicação da metodologia; a falta de conhecimento da ferramenta pela equipe responsável pela aplicação da metodologia; grande variabilidade e especificidade do processo, bem como dos produtos fabricados, o que, de certa forma, inviabiliza o uso da FMEA; falta de uma equipe multidisciplinar para realizar análises mais específicas no processo, fator considerado como impeditivo de apresentar resultados mais precisos.

A metodologia FMEA utilizada de forma correta pode desempenhar um importante papel para as organizações que buscam a potencialização da qualidade e a minimização de custos oriundos de falhas em seus processos e produtos.

Sugere-se que esta pesquisa possa contribuir futuramente com trabalhos voltados ao uso da metodologia FMEA em diferentes contextos da indústria.

## REFERÊNCIAS

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Administração da qualidade e produtividade**. São Paulo: Atlas, 2001.

CROSBY, P. **Qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill, 1996.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Saraiva, 1990

DIAS, G. P. **Análise de risco por método FMEA em abertura de linha na manutenção de bombeamento de amônia pressurizada em indústria de gás carbônico**. 2015. 40p. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

GOMES, P. A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação, **Cadernos BAD**, Vol. 2, pp. 6-18, 2004.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

JASINSKI, A. **Modelo de planejamento de manutenção**. 2005. 119p. Monografia. (Graduação Superior de Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa.

JURAN, J. M. **Juran planejando para a qualidade**. 10. ed. São Paulo: Pioneira, 2009.

LAS CASAS, A. L. **Marketing de serviços**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

LEAL, A. A. X. **Aplicação de FMEA na análise de riscos do sistema de ventilação e ar condicionado em sala limpa: uma proposta para bio-manguinhos**. 2015. 44p. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Industrial de Imunobiológicos). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LEOPOLDINO, V. C. **FMEA: failure mode and effect analysis**. 3. ed. Curitiba: Tupy, 2007.

LIMA, J. R. **Conceitos da metodologia RCM aplicados a uma unidade de britagem móvel de minério de ferro**. 2011. 40p. Monografia (MBA em Gestão da Manutenção, Produção e Negócios). Instituto de Capacitação Profissional de São João del-Rei, São João del-Rei.

MARTINS, R. B. **Metodologia do trabalho científico**. Curitiba: Atheneu, 2004.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MICHALSKI, A. A. **Método para implantação de sistema de manutenção preventiva em indústrias frigoríficas**. 2005. 69p. Monografia. (Graduação Superior de Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa.

MONCHY, F. **A função manutenção**: formação para a gerência da manutenção industrial. São Paulo: Editora Durban, 1989.

MOREIRA NETO, T. C. **A importância do PCM como função estratégica da empresa**. 2013. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-do-pcm-como-funcao-estrategica-da-empresa/106543/#ixzz2fPTiay2j>> Acesso em: 12 jul. 2013.

MOURA, L. R. **Qualidade simplesmente total**: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1997.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgar Blücher, 1989.

PALADY, P. **FMEA**: análise dos modos de falha e efeito: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

PASCOLI, J. A. **Curso de manutenção industrial**. São Paulo: Edgar Blücher, 1994

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção**: função estratégica. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

SANTOS, C. C.; MARTINS, I. P.; SILVA, L. H. D. **Análise de falha nos redutores de velocidade Benzlers das prensas de lavagem da linha de fibras em uma fábrica de papel e celulose no extremo sul da Bahia**. 2013. 95p. Monografia. (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, São Mateus.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São. Paulo: Atlas, 2007.

TAKAYAMA, M. A. S. Análise de falhas aplicada ao planejamento estratégico da manutenção. 2008. 57p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção**. São Paulo: Casa da Qualidade, 1998.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA**: análise do tipo e efeito de falha. São Carlos: UFSCar, 2006.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998.



YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.