



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Aplicação do Método FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) na
elaboração de novos produtos no setor de filtros de plástico**

Renato Makoto Miyazaki

TG-EP-72-2006

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Aplicação do Método FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) na
elaboração de novos produtos no setor de filtros de plástico**

Renato Makoto Miyazaki

TG-EP-72-2006

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.
Orientador: *Prof Carlos Antonio Pizo.*

**Maringá - Paraná
2006**

Renato Makoto Miyazaki

Aplicação do Método FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) na elaboração de novos produtos no setor de filtros de plástico

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Carlos Antonio Pizo
Departamento de Informática, CTC

Prof^ª. Maria de Lourdes Santiago Luz
Departamento de Informática, CTC

Maringá, novembro de 2006

DEDICATÓRIA

A minha família, em especial ao meu pai Wilson e minha mãe Maria que sempre acreditaram em mim e me incentivaram na realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela proteção, pela força interna e por tudo que me têm concedido. Aos meus pais meus maiores incentivadores, conselheiros e exemplos de luta e vitória.

Aos professores da Universidade Estadual de Maringá em especial ao Professor Pizo pela paciência, estímulo e orientação recebida.

Aos meus amigos pelo apoio e incentivo, imprescindíveis para a conquista deste.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – MODELO DE FORMULÁRIO DE FMEA | 12 |
| FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO..... | I |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 – TERMOS GERAIS DO FMEA..... | 11 |
| QUADRO 2 - ÍNDICE DE OCORRÊNCIA..... | 15 |
| QUADRO 3 – ÍNDICES DE GRAVIDADE..... | 15 |
| QUADRO 4 – ÍNDICE DE DETECÇÃO..... | 16 |
| QUADRO 5 – PURIFIC PREMIUM..... | 22 |
| QUADRO 6 – PURIFIC CLASSIC SUPER..... | 22 |
| QUADRO 7 – PURIFIC PRATIC..... | 23 |
| QUADRO 8 – REFIL PURIFICADOR..... | 24 |
| QUADRO 9 – QUADRO DE ATIVIDADES..... | 25 |
| QUADRO 10 - FUNÇÕES..... | 26 |
| QUADRO 11 - FALHAS..... | 26 |
| QUADRO 12 - EFEITOS..... | 27 |
| QUADRO 13 - CAUSAS..... | 27 |
| QUADRO14 – TABELA DE ÍNDICES DO CORPO..... | 28 |
| QUADRO 15 – TABELA DE ÍNDICES DA BASE..... | 28 |
| QUADRO 16 – TABELA DE ÍNDICES DO FILTRO..... | 28 |

RESUMO

O aumento da concorrência, as rápidas mudanças tecnológicas, a diminuição do ciclo de vida dos produtos e as maiores exigências por parte dos consumidores exigem das empresas, agilidade, produtividade e alta qualidade que dependem necessariamente da eficiência e eficácia de seus processos. A melhoria contínua passou a ser requisito do padrão internacional, onde a empresa deve continuamente melhorar a eficácia do sistema de gestão da qualidade por meio do uso da política da qualidade, objetivos da qualidade, resultados de auditorias, análise de dados, ações corretivas e preventivas e análise crítica pela direção. Com a melhoria da qualidade há a redução de retrabalhos e modificações “tardias”, aumentando assim a probabilidade de que o produto saia da manufatura com suas características definitivas logo no início da produção. Com o processo voltado para o cliente, envolvendo os fornecedores e sofrendo menos correções e adaptações, a qualidade do produto e sua confiabilidade aumentam. Assim, aumentar a confiabilidade implica necessariamente prever as falhas e adotar medidas preventivas às mesmas, desde a etapa de elaboração do projeto. Com utilização de técnicas, pode-se abordar a confiabilidade sob dois aspectos: o do produto – em que a equipe busca de maneira sistemática todas as falhas potenciais nos projetos dos seus produtos e processos de fabricação, antes que aconteçam; e o do projeto – em que o processo de desenvolvimento de produtos torna-se mais confiável, minimizando os riscos de fracasso e assegurando o cumprimento do cronograma estabelecido. O método FMEA busca a qualidade e a confiabilidade através de análise de modos de falhas e seus efeitos. O objetivo desse trabalho foi fazer um estudo para reduzir falhas no desenvolvimento, na produção, prevenção ao invés de detecção, redução tempo e custo no desenvolvimento de novos produtos na empresa Puriplast Plásticos do Brasil Ltda.

Palavras-chave: FMEA (Análise dos Modos de Falhas e Efeito). Qualidade. Confiabilidade. Novos produtos

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| DEDICATÓRIA | IV |
| AGRADECIMENTOS | V |
| LISTA DE FIGURAS | VI |
| LISTA DE QUADROS | VII |
| RESUMO | VIII |
| 1 - INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 - OBJETIVO GERAL | 1 |
| 1.1.1 - <i>Objetivos específicos</i> | 2 |
| 1.2 - ESTRUTURA DO TRABALHO | 2 |
| 2 – FMEA | 3 |
| 2.1 - QUALIDADE | 4 |
| 2.2 - CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL (TQC) | 6 |
| 2.2.1 - <i>Significado do “controle da qualidade total”</i> | 6 |
| 2.3 - MODO DE FALHA | 7 |
| 2.4 - MÉTODO FMEA | 7 |
| 2.4.1 - <i>FMEA de sistema</i> | 8 |
| 2.4.2 - <i>FMEA de projeto</i> | 9 |
| 2.4.3 - <i>FMEA de processo</i> | 9 |
| 2.4.4 - <i>Importância</i> | 10 |
| 2.5 - ELABORAÇÃO DA FMEA | 10 |
| 2.5.1 - <i>Campos do FMEA</i> | 11 |
| 2.5.2 - <i>Campo 1 - Cabeçalho do FMEA</i> | 13 |
| 2.5.3 - <i>Campo 2 – Item</i> | 13 |
| 2.5.4 - <i>Campo 3 – Nome do componente ou etapa do processo</i> | 13 |
| 2.5.5 - <i>Campo 4 – Função do componente ou processo</i> | 13 |
| 2.5.6 - <i>Campo 5 – Modo de falha</i> | 13 |
| 2.5.7 - <i>Campo 6 – Efeito da falha</i> | 14 |
| 2.5.8 - <i>Campo 7 – Causa da falha</i> | 14 |
| 2.5.9 - <i>Campo 8 – Controles atuais</i> | 14 |
| 2.5.10 - <i>Campo 9 – Índice de ocorrência</i> | 14 |
| 2.5.11 - <i>Campo 10 – Índice de gravidade</i> | 15 |
| 2.5.12 - <i>Campo 11 – Índice de detecção</i> | 16 |
| 2.5.13 - <i>Campo 12 – Índice de risco ou grau de prioridade risco</i> | 16 |
| 2.5.14 - <i>Campo 13 – Ações preventivas recomendadas</i> | 16 |
| 2.5.15 - <i>Campo 14 – Ações preventivas adotadas</i> | 17 |
| 2.6 - SEQUÊNCIA DE PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DA FMEA | 17 |
| 2.6.1 - <i>Definir a Equipe Responsável pela Execução</i> | 17 |
| 2.6.2 - <i>Definir os Itens do Sistema que Serão Considerados</i> | 17 |
| 2.6.3 - <i>Coleta de Dados</i> | 17 |
| 2.6.4 - <i>Análise Preliminar dos Itens Considerados</i> | 17 |
| 2.6.5 - <i>Identificação dos Modos de Falha e Seus Efeitos</i> | 18 |
| 2.6.6 - <i>Identificação das Causas das Falhas</i> | 18 |
| 2.6.7 - <i>Identificação dos Modos de Detecção das Falhas</i> | 18 |
| 2.6.8 - <i>Determinação dos Índices de Criticidade</i> | 18 |
| 2.6.9 - <i>Análise do Plano de Ação</i> | 18 |
| 2.6.10 - <i>Revisão dos Procedimentos</i> | 19 |
| 2.6.11 - <i>Preenchimento</i> | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.12 - Resultado | 19 |
| 3 – ESTUDO DE CASO | 20 |
| 3.1 – HISTÓRICO DA EMPRESA | 20 |
| 3.2 – METODOLOGIA | 21 |
| 3.3 - PRODUTOS | 22 |
| 3.4 - APLICAÇÃO DO FMEA | 24 |
| 3.4.1 - Planejamento do FMEA | 25 |
| 3.4.2 – Funções | 26 |
| 3.4.3 – Falhas das funções..... | 26 |
| 3.4.4 – Efeitos da Falha | 27 |
| 3.4.5 – Causas da falha | 27 |
| 3.4.6 - Índice de risco ou grau de prioridade de risco (NPR) | 27 |
| 3.4.7 – Controles atuais..... | 29 |
| 3.4.8 – Ações Recomendadas | 29 |
| 4 - CONCLUSÃO | 30 |
| 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

1 - INTRODUÇÃO

O FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma metodologia que foi desenvolvida nos anos 60 pela NASA, para obter maior confiabilidade nos projetos da indústria aeroespacial, e posteriormente foi incorporada nos outros setores industriais. Pouco mais tarde, na década de 70, a Ford desenvolveu um programa no qual incluía um módulo de treinamento da aplicação do FMEA para processos. Nos anos 80, passou a ser muito usada na indústria automobilística em geral, expandindo aos seus fornecedores na indústria (MIGUEL, 2001).

Em 1988 a ISO, Organização Internacional para a Standardização, emitiu as normas ISO 9000 para gestão de negócios. As exigências da ISO 9000 obrigou as organizações a desenvolver sistemas de gestão de qualidade que idealmente estão focados nas necessidades, exigências e expectativas dos consumidores. A QS 9000 é a analogia da ISO 9000 para a Indústria Automóvel.

Uma equipe representante da Chrysler Corporation, Ford Motor Company e General Motors Corporation desenvolveram a QS 9000 com o objetivo de padronizar os sistemas de Qualidade dos fornecedores. De acordo com a norma QS 9000, os fornecedores da indústria automóvel devem usar o Planejamento de Qualidade de excelência do produto, incluindo os FMEAs de processo e produto, e desenvolver um plano de controle.

O FMEA é uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar ou reduzir falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente. Pode-se dizer que, com sua utilização, diminuem-se as chances do produto ou processo falhar, proporcionando aumento de confiabilidade e a qualidade.

1.1 - Objetivo Geral

Estudo da implantação do método FMEA com foco na prevenção de problemas, eliminando a insatisfação do cliente e auxiliando na elaboração de novos produtos para Puriplast Plásticos do Brasil Ltda.

1.1.1 – Objetivos específicos

- Identificar os problemas potenciais e classificar a gravidade dos efeitos.;
- Identificar características críticas e significativas;
- Eliminar fontes de insatisfação dos clientes;
- Identificar ações que tenham o potencial de reduzir o efeito da falha.;
- Documentar os processos de desenvolvimento / mudanças;
- Elaborar as especificações dos novos produtos.

1.2 – Estrutura do Trabalho

A estrutura desse trabalho foi assim disposta:

No capítulo 1 foram descritos o início do método de análise de modos de falha e efeitos e o objetivos desse trabalho.

No capítulo 2 foi apresentado o método FMEA com suas funções, definiu-se o significado de qualidade, conformidade, confiabilidade e modo de falha.

O capítulo 3, apresenta a metodologia da técnica e também os tipos de FMEAs.

No capítulo 4 mostra como deve ser elaborado o FMEA e são explicadas as funções de cada campo a ser preenchido.

No capítulo 5 definiu a seqüência de procedimento para elaboração FMEA.

No capítulo 6 foi apresentado o estudo de caso referente a aplicação do FMEA para elaboração de um novo produto da empresa

2 – FMEA

O método FMEA é utilizado durante as fases de planejamento de um produto ou processo, concentrando-se nos pontos de qualidade negativa e suas conseqüências potenciais. O processo é iterativo e faz parte integrante do desenvolvimento de um novo sistema. A técnica consiste no desenvolvimento pelas equipes de engenharia, no sentido de encontrar possíveis problemas e respectivas soluções, priorizadas em função das hipóteses de falha, sua gravidade e probabilidade de ocorrência. Esta técnica é muito poderosa visto não se limitar apenas a focar as equipes na busca de falhas, mas essencialmente na busca de soluções. O efeito potencial de uma falha é a conseqüência dessa mesma falha, que será identificado numa fase posterior ou pelo operador, ou pelo controle de qualidade ou em último caso pelo cliente final. As causas potenciais dos modos de falha podem ser identificadas e classificadas em termos de categorias gerais como, por exemplo: material, ambiente, pessoas, equipamento e método, segundo Palady (1950):

- Material - a escolha do material a usar num dado componente do produto.
- Ambiente - o ambiente onde o componente irá operar.
- Pessoas – uso incorreto, indevido ou abusivo por parte dos utilizadores.
- Equipamento – interação com outros componentes, ou ainda outros sistemas também em análise.
- Método - aspectos de operação dos componentes, interface dos equipamentos de linha com o produto.

Para o autor, qualquer falha potencial, algumas das causas são mais prováveis que aconteçam do que outras. Também a severidade dos efeitos da falha pode variar de menor a extremamente grave.

Finalmente, em alguns casos é fácil detectar essa falha enquanto em outros, só é possível com a avaria no “cliente”. Estes são os critérios usados na decisão do grau de risco para um dado processo ou produto. No preenchimento das tabelas do FMEA, é usado um sistema de avaliação que caracteriza o nível de ocorrências, o grau de severidade e a probabilidade de detecção. O

produto destes três valores dá o Número de Prioridade de Risco (NPR) que pode ser usado como uma medida do grau de risco. Obviamente, estes números não podem ser considerados como valores absolutos, mas tomados em conta como uma grandeza relativa (PALADY, 1950).

O nível de ocorrências é o fator que correspondente à probabilidade de um dado efeito ocorrer dada a existência de uma falha potencial conhecida. Grau de severidade é o fator que correspondente à gravidade do efeito da falha potencial. A severidade aplica-se apenas ao efeito do modo de falha (HELMAN e ANDERY, 1995).

Probabilidade de detecção é o fator que correspondente à probabilidade de a falha ser detectada pelo processo de controle planejados antes de completar o ciclo de produção. Para falhas potenciais onde o risco de falha é considerado elevado, são introduzidas ações de modo a eliminar, reduzir ou controlar a falha em questão. As ações corretivas utilizadas destinam-se na eliminação das causas potenciais, eliminação dos modos de falha, redução dos efeitos destas, ou, como último recurso, aumentar o nível de detecção (MIGUEL, 2001).

2.1 - Qualidade

Para uma empresa sobreviver no mercado é indispensável que ela seja competitiva. Para que ela atinja essa condição é necessário que ela seja produtiva, portanto que tenha qualidade. Desta forma, pode-se, por meio do controle de qualidade, procurar garantir sua sobrevivência. A qualidade é um conceito dinâmico, ou seja, é uma noção que trabalha com referenciais que mudam ao longo do tempo, às vezes, de forma bastante acentuada.

A garantia da qualidade, a princípio, parece ser de fácil entendimento mas é difícil defini-la. É importante lembrar que a definição de qualidade não parte de uma idéia ou conceito absoluto, mas sim referentes às técnicas e metodologia que se misturam a sua definição. A qualidade pode ser representada por várias dimensões como: características/especificações, desempenho, durabilidade, conformidade, confiabilidade, entre outros (MIGUEL, 2001).

Para Feigenbaum (1994) a qualidade é a combinação das características de produto e serviços

referentes a marketing, engenharia, fabricação e manutenção, através das quais o produto ou serviço em uso, corresponderão às expectativas do cliente.

A gestão da qualidade no processo centra sua atenção no processo produtivo partindo que a qualidade deve ser gerada com base exatamente nas suas operações. A meta é enfatizar as causas dos defeitos e não apenas os efeitos de ações do processo no produto. O processo é definido como direcionamento de todas as ações do processo produtivo para o pleno atendimento do cliente. Um roteiro básico para a viabilização da gestão da qualidade no processo é a implantação de três etapas:

- Eliminação das perdas, garante a eliminação dos defeitos, e assim o produto esta em condições de ser efetivamente utilizado;
- Eliminação das causas, garante a confiabilidade do produto;
- Otimização do processo, garante um produto com a máxima eficiência (PALADINI, 2004).

Confiabilidade tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter conseqüências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mal funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário (MIGUEL, 2001).

Conformidade está ligada à solução dos problemas que vão sendo encontrados. À medida que resultados indesejados dos processos (problemas ou falhas) são percebidos, atua-se metodicamente sobre eles para achar a sua causa fundamental e bloqueá-las. Portanto, denomina-se confiabilidade à probabilidade de um determinado sistema (máquina, componente, aparelho circuito, etc.) desempenhar sem falhas uma função durante um período determinado. Assim, aumentar a confiabilidade implica necessariamente na previsão de falhas e na adoção de medidas preventivas das mesmas, desde a etapa de elaboração do projeto do produto e /ou processo até sua execução (HELMAN e ANDERY, 1995).

2.2 - Controle da Qualidade Total (TQC)

Atualmente, uma metodologia muito utilizada para se realizar o controle da qualidade é o sistema denominado Controle da Qualidade Total (*TQC – Total Quality Control*). O TQC é um modelo administrativo, criado pelo grupo de pesquisa do controle da qualidade da JUSE (Union of Japanese Scientists Engineers), que tem as seguintes características (CAMPOS, 1992):

- É um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das pessoas e estabelece padrões para o atendimento destas necessidades;
- É um sistema gerencial que visa a manter os padrões que atendem as necessidades das pessoas;
- É um sistema gerencial que almeja a melhorar, continuamente, os padrões que atendem as necessidades das pessoas, a partir de uma visão estratégica e com abordagem humanista.

2.2.1 - Significado do “controle da qualidade total”

Qualidade total são todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e por conseguinte a sobrevivência da empresa. As dimensões da qualidade total, segundo Falconi são (1997):

- Qualidade – está diretamente ligada à satisfação das necessidades dos clientes externo e interno.
- Custo – é analisado como sendo a composição de todos os custos associados ao processo produtivo. O preço é também importante, pois ele deve refletir a qualidade do produto e a produtividade da empresa.
- Entrega – sob esta dimensão da qualidade total são medidas as condições de entrega dos produtos ou serviços finais ou intermediários de uma empresa.
- Moral – esta é a dimensão que mede o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas.
- Segurança – sob esta dimensão avalia-se a segurança dos empregados e a dos usuários do produto.

Portanto, controlando-se a qualidade total pode-se tentar assegurar a satisfação das necessidades dos clientes e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência da empresa. É este o princípio básico sobre o qual o TQC está fundamentado (CAMPOS, 1992).

2.3 - Modo de falha

O modo de falha é a expressão utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos itens. O efeito é a maneira como esse modo de falha se manifesta (PALADY, 1950).

Uma falha significa que um componente, ou o sistema como um todo, não atende às especificações ou não cumpre os requisitos funcionais definidos no projeto. Modo de falha é a maneira pela qual uma falha ocorre no componente ou sistema. Os tipos de modo de falha são: fadiga, deformação, desgaste, corrosão, colapso, trinca redução na performance, desalinhamento, vibração, etc. A partir da ocorrência de determinada falha, seus efeitos devem ser descritos tendo em vista como o cliente notará (MIGUEL, 2001).

Os efeitos devem ser descritos em termos do desempenho do produto ou sistema, como: ruído, operação intermitente, parada de operação, falta de segurança, instabilidade, etc. As causas das falhas são os motivos pelos quais elas ocorrem, associadas a cada modo de falha citando como exemplos: uso de material incorreto, tratamento térmico incorreto, porosidade, formação de trinca, sobrecarga, manutenção inadequada, entre outros (MIGUEL, 2001).

2.4 - Método FMEA

O princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA e a aplicação, ou seja, se é FMEA de produto, processo ou procedimento e se é aplicado para produtos/processos novos ou já em operação. A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias

para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo (HELMAN e ANDERY, 1995).

Segundo Oliveira (1997), deve-se ter em mente que a análise FMEA é muito mais do que apenas preencher um formulário, o seu verdadeiro valor está na discussão e reflexão dos membros do grupo sobre as falhas potenciais do produto/processo e as ações de melhoria propostas pelo grupo. O FMEA deve sempre ser executado por uma equipe de engenharia multi-disciplinar: engenheiro responsável, engenheiro de produto, engenheiro de processo, engenheiro de qualidade, engenheiro do pós-venda, engenheiro metalúrgico, fornecedor do futuro componente, engenheiro de testes e representante da área de produção.

A análise dos modos de falhas e efeitos é uma técnica que segundo Palady (1950) tem três funções:

- É uma ferramenta para prognóstico de problemas;
- É um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processo ou serviços, novos ou revisados;
- É o diário do projeto, processo ou serviço.

Segundo Helman e Andery (1995) método FMEA fornece pistas para execução de melhorias nos sistemas, mediante a descoberta de pontos problemáticos, relacionando as falhas nos elementos do subsistema com suas conseqüências no sistema como um todo.

Palady (1950) diz que o FMEA é uma ferramenta de equipe utilizada para ajudar o engenheiro, e não foi projetada para avaliar o trabalho do engenheiro ou substituir a sua função no processo de decisão.

A análise dos modos de falhas e efeitos tem três tipos básicos: FMEA de Sistema, FMEA de Projeto e FMEA de Processo.

2.4.1 - FMEA de sistema

FMEA de Sistema é empregado para analisar o design de um produto durante a sua fase de concepção sendo parte do critério de seleção do conceito. Este FMEA foca-se nos modos de falha potencial das funções de produtos ou equipamentos causados por um design deficiente e também nos modos de falhas potenciais associados às funções do sistema, causados por deficiência de projeto, incluindo interações entre elementos do próprio sistema e interação com outros sistemas. Os objetivos deste tipo são: selecionar a alternativa ótima de projeto; estimar se a alternativa escolhida pode atingir a confiabilidade almejada; identificar modos de falhas potenciais causados pela interação com outros sistemas; auxiliar no desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de diagnóstico e falhas (PALADY, 1950).

2.4.2 - FMEA de projeto

FMEA de projeto é empregado para analisar o produto durante a sua fase de desenvolvimento. Foca-se nos modos de falha potencial dos produtos ou equipamentos e é parte essencial no processo de desenvolvimento. É utilizado geralmente quando o detalhamento do projeto está disponível. Esta análise envolve causas específicas de falhas em componentes individuais. Os objetivos são: identificar os modos de falha no início do desenvolvimento do projeto; estabelecer prioridade para as ações de melhoria; documentar as razões das alterações de projetos do produto para orientar futuros desenvolvimentos; fornecer informações para ajudar a desenvolver programas de testes de verificação de projeto; auxiliar na seleção de materiais e processos de fabricação (PALADY, 1950).

2.4.3 - FMEA de processo

FMEA de Processo é empregado para analisar o processo de montagem durante a fase de planejamento. É utilizado para analisar processo de fabricação e de montagem. Deve ser conduzido quando o processo de fabricação já foi estabelecido, pode ser usado quando o processo foi alterado ou mesmo para analisar questões de qualidade. Seus objetivos são: identificar as deficiências nos processos para permitir implantação de controle para redução de ocorrência de produtos defeituosos; identificar parâmetros críticos e relevantes dos processos, auxiliando na elaboração de planos de controle; estabelecer prioridade para as ações de melhoria; documentar as razões das alterações de projeto do produto para orientar futuros desenvolvimentos (PALADY,

1950).

Segundo Oliveira (1997), pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações:

- Para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- Para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- Para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram.

Segundo Helman Andery (1995) os objetivos do FMEA são: a identificação das falhas críticas em cada componente, suas causas e conseqüências; hierarquizar as falhas; análise da confiabilidade do processo. Uma definição sucinta do processamento do FMEA é a análise das falhas em potencial de todos os elementos dos sistemas, previsão das conseqüências e relacionar as ações corretivas ou preventivas a serem tomadas.

2.4.4 - Importância

Segundo Oliveira (1997), a metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes;

2.5 - Elaboração da FMEA

Para um bom conhecimento do FMEA é necessário conhecer a definição de alguns dos termos usados na planilha. O Quadro 1 apresenta estes termos.

QUADRO 1 – TERMOS GERAIS DO FMEA

| |
|--|
| Melhoria Contínua: Atividade recorrente para aumentar a capacidade de atender requisitos (HELMAN, 1995). |
| Processo: Conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas). |
| Produto: Resultado de um processo. |
| Projeto e Desenvolvimento: Conjunto de processos que transformam requisitos em características especificadas ou na especificação de um produto, processo ou sistema. |
| Característica de Qualidade: Característica inerente a um produto, processo ou sistema relacionada a um requisito. |
| Garantia de funcionamento: Termo coletivo usado para descrever o desempenho da disponibilidade e seus fatores que a influenciam: desempenho da confiabilidade, desempenho da manutenção e desempenho de suporte da manutenção. |
| Conformidade: Atendimento a um requisito. |
| Não conformidade: Não atendimento a um requisito. |
| Defeito: Não atendimento a um requisito relacionado a um uso pretendido ou especificado. |
| Ação preventiva: Ação para eliminar a causa de uma potencial não conformidade ou outra situação potencialmente indesejável. |
| Ação corretiva: Ação para eliminar a causa de uma não conformidade identificada ou outra situação indesejada. |
| Correção: Ação para eliminar uma não conformidade identificada. |
| Retrabalho: Ação sobre um produto não conforme, a fim de torná-lo conforme aos requisitos. |
| Reclassificação: Alteração da classe de um produto não conforme a fim de torná-lo conforme a requisitos diferente daqueles inicialmente especificados. |
| Reparo: Ação sobre um produto não conforme, a fim de torná-lo aceitável para o uso pretendido. |
| Refugo: Ação sobre um produto não conforme, para impedir sua utilização prevista originalmente. |
| Inspeção: Avaliação da conformidade pela observação e julgamento, acompanhada, se necessário, de medições, ensaios ou comparações com padrões. |
| Ensaio: Determinação de uma ou mais características de acordo com um procedimento. |

2.5.1 – Campos do FMEA

Para a elaboração de um FMEA deve-se delegar a responsabilidade a um indivíduo, e não a uma equipe, mas o seu desenvolvimento deve ser um trabalho em equipe. O estudo de falhas por meio do FMEA não é um mero preenchimento de formulários. No entanto, sua descrição nos servirá como um roteiro para a explicação como se utiliza o método (HELMAN, 1995). A Figura 1

apresenta um modelo de formulário de FMEA e seus campos são descritos a seguir.

| FMEA - ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|---|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|----------------|---------|-----------|-----------|---|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Produto: | | Revisão do produto: <input type="checkbox"/> Folha: | | Campo 1 | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Processo: | | Revisão do processo: <input type="checkbox"/> Data: | | | | | | | | | | | | | | |
| Área: | | | | Obs: | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsável: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | Componente/Processo | Função do componente/processo | Falhas Possíveis | | | Atual | | | Ação Corretiva | | Resultado | | | | | |
| | | | Modo | Efeito | Causa | Controles atuais | Índices | Índices | Recomendações | Tomadas | Índices | revisados | | | | |
| Campo 2 | Campo 3 | Campo 4 | Campo 5 | Campo 6 | Campo 7 | Campo 8 | O | G | D | R | Campo 13 | Campo 14 | O | G | D | R |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Campo 12
 Campo 11
 Campo 10
 Campo 9

Figura 1 – Modelo de formulário de FMEA

2.5.2 - Campo 1 - Cabeçalho do FMEA

O FMEA é um diário e pode ser desenvolvido para todos os projetos, processos ou serviços novos e existentes. O cabeçalho do FMEA deve conter todas as informações necessárias para identificar, do que se trata o FMEA, quem está envolvido, data de início, quem é o responsável pelo preenchimento e quem aprova (PALADY, 1950).

Para Miguel (2001) o cabeçalho é preenchido com a indicação do tipo de FMEA (produto/processo) ou se é uma revisão de produtos/processo. O formulário contém o nome do produto ou processo, cliente e fornecedor, aplicação do produto, áreas envolvidas, número da versão, etc.

2.5.3 - Campo 2 – Item

Neste campo são numerados os itens considerados.

2.5.4 - Campo 3 – Nome do componente ou etapa do processo

Identificar o elemento ou etapa do processo de forma clara e concisa. Para facilitar o preenchimento utilize a nomenclatura usada internamente na empresa, mesmo que não seja tecnicamente a mais correta. Se o FMEA precisar ser mostrado ao cliente, como requisito contratual, utilize mais de um nome para o item (o da empresa e como é conhecida pelo cliente).

2.5.5 - Campo 4 – Função do componente ou processo

Nesta etapa, descrever de maneira sucinta a função que cada item deve desempenhar. Ter uma clara função do item examinado, pois as falhas serão sempre da inadequação dessa função.

2.5.6 - Campo 5 – Modo de falha

Descreva a maneira pela qual o componente falha, em termos físicos e objetivos. Encare as falhas sob ótica dos elementos básicos que compõe a qualidade de um sistema, particularmente qualidade intrínseca, custo, segurança e prazo de entrega. Evite descrições genéricas, que não acrescentam nenhuma informação aos técnicos envolvidos na análise ou não possibilitem identificar o tipo de falha. Alguns tipos de modo de falha: aberto, encurtado,

desbalanceado, excêntrico, poroso, rugoso, deformado, etc.

2.5.7 - Campo 6 – Efeito da falha

Os efeitos das falhas são as formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, do ponto de vista do cliente. É o que o cliente observa. Descreva qual é a consequência da ocorrência da falha, percebida ou não pelo cliente. Tome cuidado para não confundir o efeito com o modo de falha. Alguns efeitos típicos em máquinas: esforço de operação excessivo, vazamento de ar, funcionamento ruidoso, desgaste prematuro, consumo excessivo, baixa resistência, entre outros.

2.5.8 - Campo 7 – Causa da falha

As causas de falha são eventos que geram o aparecimento do modo de falha. Descreva de maneira simples e concisa o fator que é origem da falha. Lembre-se que as causas das falhas devem ser descritas de tal maneira que possam ser proposta ações preventivas ou corretivas. Algumas causas típicas de modos de falha são: erro de montagem, peças danificadas, tratamento térmico inadequado, superfície rugosa, falta de ventilação, matéria-prima inadequada, entre outros.

2.5.9 - Campo 8 – Controles atuais

São registradas as medidas de controle implementadas durante a elaboração do projeto ou no acompanhamento do processo que objetivem: prevenir a ocorrência de falhas e detectar falhas ocorridas e impedir que cheguem ao cliente. Como exemplos: sistemas padronizados de verificação de projeto, procedimentos de revisão de projetos e desenhos, confrontação com normas técnicas, etc.

2.5.10 - Campo 9 – Índice de ocorrência

É uma estimativa das probabilidades combinadas de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultar o tipo de falha no produto/processo. A atribuição desse índice dependerá do momento em que se está conduzindo a FMEA. Por ocasião do projeto, do produto ou processo, não se dispõe de dados estatísticos, uma vez que o produto ou processo ainda não existe. Baseie sua análise em: dados estatísticos ou relatórios de falhas de componentes similares ou etapas similares de um processo, dados obtidos por fornecedores e dados da literatura técnicas. Os

índices de ocorrência estão representados na Quadro 2.

QUADRO 2 - ÍNDICE DE OCORRÊNCIA

| Índice | Ocorrência |
|--------|---------------|
| 1 | Muito remota |
| 2 | Muito pequena |
| 3 | Pequena |
| 4-5-6 | Moderada |
| 7-8 | Alta |
| 9-10 | Muito alta |

2.5.11 - Campo 10 – Índice de gravidade

É o índice que deve refletir a gravidade do efeito da falha sobre o cliente, assumindo que o tipo de falha ocorra. A atribuição do índice de gravidade deve ser feita olhando para o efeito da falha, e avaliando o quanto ele pode incomodar o cliente. Uma falha poderá ter tantos índices de gravidade quantos forem os seus efeitos. Os índices de gravidade estão representados na Quadro 3.

QUADRO 3 – ÍNDICES DE GRAVIDADE

| Índice | Conceito |
|--------|---|
| 1 | - Falha de menor importância. |
| | - Quase não são percebidos os efeitos sobre o produto ou processo. |
| 2 a 3 | - Provoca redução de performance do produto e surgimento gradual de ineficiência. |
| | - Cliente perceberá a falha mas não ficará insatisfeito com ela. |
| | - Produto sofrerá uma degradação progressiva. |
| 4 a 6 | - Cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito. |
| 7 a 8 | - Mais de 50 a 70% das vezes não consegue manter a produção e se requer grande esforço do operador, há baixa eficiência e produtividade. Alta taxa de refugo. |
| | - Em campo, o produto não desempenha sua função. |
| | - Cliente perceberá a falha e ficará muito insatisfeito. |
| 9 a 10 | - Não se consegue produzir, "colapso" do processo. Problemas são catastróficos e podem ocasionar danos a bens ou pessoas. |
| | - Cliente ficará muito insatisfeito. |

2.5.12 - Campo 11 – Índice de detecção

É o índice que avalia a probabilidade de a falha ser detectada antes que o produto chegue ao cliente. Os índices de detecção estão representados na Quadro 4.

QUADRO 4 – ÍNDICE DE DETECÇÃO

| Índice | Conceito |
|--------|---|
| 1 | - Muito alta probabilidade de detecção |
| 2 a 3 | - Alta probabilidade de detecção. Em processos, ações corretivas são tomadas em pelo menos 90% das vezes em que os seus parâmetros saem fora de controle. |
| 4 a 6 | - Moderada probabilidade de detecção. Somente em 50% das vezes em que o processo sai de controle são tomadas ações corretivas. |
| 7 a 8 | - Pequena probabilidade de detecção. Nível de controle muito baixo. Até 90% das peças produzidas podem estar fora de especificação. |
| 9 | - Muito pequena probabilidade de detecção. Não há nenhum tipo de controle ou inspeção. |
| 10 | - Muito remota probabilidade de detecção. |
| | - A falha não pode ser detectada. |

2.5.13 - Campo 12 – Índice de risco ou grau de prioridade risco

Registra o produto dos três índices anteriores, conforme a equação 1.

$$\text{Índice de Risco} = \text{Gravidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção} \quad (1)$$

As falhas com maior índice de risco deverão ser tratadas prioritariamente, e sobre elas deve ser feito um plano de ação para o estabelecimento de contramedidas. Note que o índice de risco é uma maneira mais precisa de hierarquizar as falhas.

2.5.14 - Campo 13 – Ações preventivas recomendadas

Registre as ações que devem ser conduzidas para bloqueio da causa da falha ou diminuição da sua gravidade ou ocorrência. As ações recomendadas deverão fazer parte de um plano de ação para o estabelecimento das contramedidas adotadas.

2.5.15 - Campo 14 – Ações preventivas adotadas

Nesse campo devem ser colocadas as medidas efetivamente adotadas e aplicadas. Nem sempre todas as ações recomendadas são adotadas. As vezes critérios de factibilidade e/ou custo decidem pela não implementação de alguma recomendação

2.6 - Seqüência de procedimento para elaboração da FMEA

Para Palady (1950), um FMEA bem sucedido deve-se seguir algumas etapas básicas:

2.6.1 - Definir a Equipe Responsável pela Execução

Nesta etapa deve-se nomear um responsável pela coordenação dos trabalhos. A equipe deve ser composta por profissionais de áreas distintas, isto é, uma equipe multidisciplinar e multihierarquica.

2.6.2 - Definir os Itens do Sistema que Serão Considerados

Se o FMEA for na fase de concepção do produto/processo selecione os componentes ou etapas do processo a partir dos seguintes fatores: sobre os componentes que a equipe tem menor conhecimento, fazer um estudo no produto/processo semelhante fabricado pela empresa e selecionar os componentes ou etapas que apresentam mais falhas e considere os componentes ou etapas mais críticos.

Se o produto já se encontra em fabricação escolha os componentes/etapas que apresentam maior quantidade de falhas, estes dados são obtidos através de relatórios de falhas internos.

2.6.3 - Coleta de Dados

Reunir todas as informações possíveis, tais como: fluxogramas do processo, padrões técnicos de operação, normas pertinentes, procedimentos de inspeção, registro internos de falhas, relatórios de falhas oriundos da assistência técnica, dados obtidos do controle estatístico do processo, etc.

2.6.4 - Análise Preliminar dos Itens Considerados

Reunir as falhas já conhecidas. Estudar os fluxogramas das etapas consideradas do processo

dos itens do produto considerados.

2.6.5 - Identificação dos Modos de Falha e Seus Efeitos

Identificar o(s) efeito(s) correspondentes a cada falha. Registrar as falhas de modo claro e conciso, registre os efeitos de modo que possa ser facilmente avaliada a sua gravidade.

2.6.6 - Identificação das Causas das Falhas

Analisar as causas mais prováveis, com base nos dados levantados, na experiência do grupo, nas informações obtidas da análise do projeto ou processo, em teste e simulações, em históricos de manutenção e/ou reparo, etc.

2.6.7 - Identificação dos Modos de Detecção das Falhas

Classificar os procedimentos para detecção de uma falha, quanto a sua viabilidade: providências facilmente implementáveis, providências que podem ser implementadas com certa dificuldade e providências muito difíceis de serem implementadas. Identifique as falhas cujas causas não poderão ser detectadas e bloqueadas, e o efeito será percebido pelo cliente.

2.6.8 - Determinação dos Índices de Criticidade

Para cada falha, determinar o índice de ocorrência, o índice de gravidade e o índice de detecção.

Para índice de ocorrência utilizar histórico de manutenção, dados estatísticos ou relatório de falha de componentes, dados obtidos de fornecedores e dados da literatura técnica.

Para índice de gravidade examinar os efeitos das falhas, classificando-os quanto ao grau de insatisfação que poderão trazer ao seu cliente.

Para índice de detecção relacionam as falhas e seus modos de detecção. Calcular os índices de risco para cada falha levantada.

2.6.9 - Análise do Plano de Ação

Elaborar listas com recomendações, ou seja, para cada falha quais são as providências que devem ser tomadas para evitá-la. Verificar se as ações visam atuar sobre as causas das falha, e não sobre seus efeitos. Começar pelas falhas que forem consideradas mais críticas (tiverem o maior índice de risco). Estas medidas são analisadas quanto a sua viabilidade, sendo então

definidas as que serão implantadas. Uma forma de se fazer o controle do resultado destas medidas é pelo próprio formulário FMEA por meio de colunas que onde ficam registradas as medidas recomendadas pelo grupo, nome do responsável e prazo, medidas que foram realmente tomadas e a nova avaliação dos riscos.

2.6.10 - Revisão dos Procedimentos

Rever os índices atribuídos a cada falha. Ordenar as falhas de acordo com os índices de risco. Verificar se há consenso na equipe quanto a essa hierarquização e fazer as correções oportunas.

2.6.11 - Preenchimento

Para facilitar o preenchimento dos formulários de FMEA, deve-se identificar todas as possibilidades de cada campo para que não ocorra conflito de idéias. Quando o grupo estiver avaliando um índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, se estamos avaliando o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não podemos colocar um valor mais baixo para este índice somente porque a probabilidade de detecção seja alta.

2.6.12 - Resultado

Verificar se o cronograma foi seguido, o método foi adequado e se as conclusões podem ser encaminhadas às chefias competentes. Se houver erros, propor alterações. Se o resultado foi satisfatório, arquivar toda documentação e resultados obtidos, formando uma biblioteca de FMEAs. O FMEA pode ser uma ferramenta muito poderosa, quando aplicada corretamente. Tal como qualquer outra ferramenta, antes de ser usada tem de ser compreendida. Uma vez que haja essa compreensão e comprometimento por parte das organizações, estas poderão ser agradavelmente surpreendidas, pelos benefícios financeiros resultantes das melhorias dos seus produtos e processos.

3 – ESTUDO DE CASO

3.1 – Histórico da Empresa

A Puriplast Plásticos do Brasil Ltda foi fundada no ano de 1998 em Maringá – PR., conta com cerca de 100 funcionários. Modernos equipamentos e avançada tecnologia são utilizados na fabricação dos produtos Purific. O principal objetivo da empresa foi criar um produto com alta tecnologia e com baixo custo, para atender as camadas mais baixas da população, visto que nessa época, só existiam filtros de água com preços elevados. O único filtro popular era o de barro, mas sem nenhum diferencial tecnológico. Diante desse cenário, Jonatas Justus e José Antonio de Oliveira tiveram a idéia de fazer o Purific Pratic, o 1º purificador portátil do Brasil. Prático e leve, tinha a mesma tecnologia dos filtros mais caros.

Muitos franqueados não imaginam, mas o começo foi muito difícil. Pois o Jonatas e o José Antonio tinham a idéia, mas não tinham o dinheiro para fazer o investimento inicial. Durante seis meses procuraram meios para viabilizar o negócio. Primeiro, fizeram uma parceria com um primo do José Antonio, que era engenheiro químico, para que pudessem iniciar o desenvolvimento da idéia. Para ter o mínimo de dinheiro, Jonatas vendeu seu carro e tanto ele como José Antonio, ficaram usando um Uno 85, que não tinha a marcha ré. “Para dar ré, tínhamos que empurrar o carro”, lembra José Antonio.

Foi nesse período que fizeram o convite a José Geraldo, que se tornaria o terceiro sócio da Purific. Quem acha que vender Purific é difícil, tem muito a aprender com Jonatas Justus. Ele costuma dizer que o primeiro Purific foi vendido a 100.000 dólares. “O José Geraldo foi a primeira pessoa que acreditou na nossa idéia e investiu inicialmente os 100.000 dólares que precisávamos para implantar o produto e a empresa”, conta Jonatas.

Mesmo com essa grande novidade, outros obstáculos ainda estavam por vir. Para o lançamento do Pratic, foram produzidos 5.000 peças. Porém, todas saíram com defeito, pois a tampa não servia no aparelho. Tentaram muitas modificações, mas nada dava certo. Até que, o José Antonio teve a idéia de ferver as tampas, pois o plástico em contato com a água quente, ele expande e fica fácil para moldar. Ou seja, tiveram que ferver 5.000 tampas.

Uma outra fase difícil foi em 2002, quando a Purific trocou seu sistema de rede para implantar a franquia. Essa necessidade surgiu, para que se pudesse implantar as lojas e ampliar a distribuição da Purific em todo o Brasil. Isso gerou uma paralisação de 10 meses. Para o negócio não parar totalmente, o José Antonio operava a máquina e o Jonatas vendia os aparelhos na casa das pessoas, em São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. Mas mesmo assim, essa implantação era fundamental, pois a Purific precisava se profissionalizar para crescer mais.

Nesse período, Vagner Kodama e Márcio Yamamoto foram contratados para fazer uma consultoria sobre franquia. Foi então que, o Vagner, hoje o diretor de marketing da Purific, entrou na empresa. “A consultoria durou 90 dias. O Vagner gostou e ficou. Ele não tinha salário fixo. Ele fazia as palestras por apenas R\$ 100,00, que é muito menos do que um treinador ganha hoje na Purific”, comenta Jonatas Justus.

Foi nessa época que a Purific deixou de ser uma empresa pequena, para ser grande. Hoje, já conta com aproximadamente 300 Shops e Offices que distribuem e divulgam a marca Purific em todo o Brasil. Um momento marcante que aconteceu durante a implantação da franquia, foi no lançamento do Gold Super. “O sucesso foi tão grande, que ajudou a impulsionar o crescimento da Purific”, diz José Antonio.

3.2 – Metodologia

A primeira etapa para o estudo foi fazer um cronograma e visitas periódicas em cada setor. Em seguida foram identificados os itens a serem estudados. Na sequência, foram coletados dados, tais como: desenho, especificações de materiais, normas internas ou externas, procedimento de ensaio e inspeção, fluxograma do processo, roteiro de fabricação, registros internos e externos de falhas, dentre outros. Através de entrevistas com funcionários foram identificados os modos de falha, efeitos e causas das falhas. Os índices de ocorrência, gravidade e detecção foram registrados através de dados de reclamações de clientes e informações do funcionários da empresa.

3.3 - Produtos

Os produtos Purific devolvem à água as condições naturais, reorganizando suas moléculas e quebrando os clusters moleculares, facilitando a absorção dos nutrientes por parte das células, promovendo melhor funcionamento dos órgãos. O produtos Purific estão apresentados nos Quadros 5, 6, 7 e 8.

QUADRO 5 – PURIFIC PREMIUM

| |
|---|
| <p>Purific Premium</p>  |
| Características |
| <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de armazenamento: 11,5 litros; • Composto de sete peças :01 reservatório inicial; 01 suporte intermediário; 01 refil purificador; 01 copo;01 placa de infravermelho longo;01 base imantadora. • Capacidade de purificação 400 litros; • A placa de infravermelho longo é encaixada na torneira, com a abertura para dentro do recipiente. • O aparelho Purific se destina à melhoria da qualidade da água. • A água a ser colocada nos produtos Purific deve ser potável. • Caso seja água de poços artesianos ou caseiros é importante haver um laudo que comprove a indicação para o uso humano, e posteriormente clorada para preservá-la de eventual contaminação; • O refil purificador precisa ser trocado a cada 400 litros. |
| Vantagens |
| <ul style="list-style-type: none"> • Não precisa instalação elétrica nem hidráulica; • Dispensa despesas com manutenção técnica com instalações elétricas e hidráulicas; • O recipiente é destacável e pode ser levado à geladeira. • Portátil, pode ser levado à mesa ou onde quiser. |

QUADRO 6 – PURIFIC CLASSIC SUPER

| |
|------------------------------|
| Purific Classic Super |
|------------------------------|

| |
|--|
|  |
| Características |
| <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de armazenamento: 8 litros; • Composto por: 01 reservatório inicial; 01 suporte intermediário; 01 refil purificador; 01 copo; 01 placa de infravermelho longo, 01 base imantadora. • Capacidade de purificação 400 litros; • A placa de infravermelho longo é encaixada na torneira, com a abertura para dentro do recipiente. • A água a ser colocada nos produtos Purific deve ser potável. • Caso seja água de poços artesianos ou caseiros é importante haver um laudo que comprove a indicação para o uso humano, e posteriormente clorada para preservá-la de eventual contaminação; • O refil purificador precisa ser trocado a cada 400 litros. |
| Vantagens |
| <ul style="list-style-type: none"> • Não precisa instalação elétrica nem hidráulica; • Dispensa despesas com manutenção técnica com instalações hidráulicas; • Portátil, pode ser levado à mesa ou onde quiser; • O Recipiente é destacável e pode ser levado à geladeira. |

QUADRO 7 – PURIFIC PRATIC

| |
|---|
| <p>Purific Pratic</p>  |
| Características |
| <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de armazenamento: 2,5 litros; • Composto por 01 recipiente inicial; 01 refil purificador; 01 copo; 01 base imantadora. • Capacidade de purificação 400 litros; • A água a ser colocada nos produtos Purific deve ser potável. • Caso seja água de poços artesianos ou caseiros é importante haver um laudo que comprove a indicação para o uso humano, e posteriormente clorada para preservá-la de eventual contaminação. |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • O refil Purificador precisa ser trocado a cada 400 litros. |
| Vantagens |
| <ul style="list-style-type: none"> • Não precisa instalação elétrica nem hidráulica; |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dispensa despesas com manutenção técnica com instalações elétricas hidráulicas; |
| <ul style="list-style-type: none"> • Portátil, pode ser levado à mesa ou onde quiser; |
| <ul style="list-style-type: none"> • O recipiente é destacável e pode ser levado à geladeira. |

QUADRO 8 – REFIL PURIFICADOR

| |
|--|
| <p>Refil Purificador</p>  |
| Características |
| <ul style="list-style-type: none"> • Quartzo: retém matéria orgânica presente na água (colóides) diminuindo a turbidez; |
| <ul style="list-style-type: none"> • Placa de retenção eletrocinética: retenção física de microorganismos e colóides (matéria orgânica presente na água). Produzida com materiais aprovados pelo FDA com grau alimentício; |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resina termoplástica: retenção de micropartículas presentes na água; |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carvão ativado com prata coloidal: retira o cloro, trihalometanos, substâncias odoríferas e gosto desagradável presentes na água, além de ter uma função bacteriostática (impedir o desenvolvimento de microorganismos) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Puricell: produto 100% natural, diminui a turbidez da água, função bactericida, regula o pH da água, reduz metais pesados (mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, etc) e amônio. |
| Vantagens |
| <p>Com uma tecnologia de ponta utilizada pela primeira vez em purificadores domésticos produzidos no Brasil. Conta com matéria-prima aprovada pelo FDA (U.S. Food and Drug Administration), além de estar sendo testado em laboratórios de renome nacional e internacional segundo a Norma ABNT NBR 15176:2004 (Norma que será utilizada para obtenção do selo INMETRO).</p> |

3.4 - APLICAÇÃO DO FMEA

A aplicação do FMEA foi somente como ferramenta para elaboração de um novo produto baseado em um produto já existente o Purific Pratic. Para este estudo foi elaborado um fluxograma do processo como mostra a Figura 2.

Nesta fase foi realizada foram descritos os objetivos e abrangência da análise. Formulação dos grupos de trabalho em que definiu os integrantes do grupo, entre 4 a 6 pessoas e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção). As reuniões foram agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralisações.

3.4.2 – Funções

A equipe representou as funções do produto/processo como mostra a Quadro 10 referente ao Purific Pratic.

QUADRO 10 - FUNÇÕES

| Componente | Funções |
|------------|------------------------------|
| Corpo | - Facilitar o transporte |
| | - Vedar e proteger |
| Filtro | - Filtrar a água |
| | - Eliminar odores |
| | - Reduzir metais pesados |
| | - Eliminar o cloro |
| | - Conservar minerais da água |
| | - Eliminar bactérias e vírus |
| Base | - Imantar a água |
| | - Suporte do corpo |

3.4.3 – Falhas das funções

A equipe definiu as possíveis falhas das funções como mostra no Quadro 11.

QUADRO 11 - FALHAS

| Produto | Possíveis falhas |
|----------------|---|
| Purific Pratic | <ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade no manejo - Impurezas devido à má proteção - Não filtrar a água - Não eliminar odores - Metais pesados na água - Cloro na água - Contaminação da água - Não imantar a água - Dificuldade no transporte. |

3.4.4 – Efeitos da Falha

A equipe definiu os efeitos da falha como mostra a Quadro 12.

QUADRO 12 - EFEITOS

| Produto | Efeitos |
|----------------|---|
| Purific Pratic | <ul style="list-style-type: none"> - Quebra por queda - Intoxicação - Bolor - Gosto alterado - Cheiro alterado |

3.4.5 – Causas da falha

A equipe definiu as causas da falha como mostra a Quadro 13.

QUADRO 13 - CAUSAS

| Produto | Causas |
|----------------|---|
| Purific Pratic | <ul style="list-style-type: none"> - Erro na montagem - Peças danificadas - Matéria-prima inadequada - Máquina quebrada - Descalibração dos materiais utilizados |

3.4.6 - Índice de risco ou grau de prioridade de risco (NPR)

Na visão de Helman (1995), as falhas com maior NPR “deverão ser tratadas prioritariamente”, no entanto, advertem os autores que uma falha com remota possibilidade de ocorrer, mas que seja extremamente grave, “merecerá uma grande atenção”, ou seja, nem sempre a NPR deverá ser utilizada com exclusividade na priorização de falhas. Para melhor compreensão as análises foram divididas por partes que constitui o produto: corpo, base e filtro.

Os índices de ocorrência foram baseados em análise de dados estatísticos ou relatórios de falhas de componentes similares ou etapas similares de um processo, dados obtidos por fornecedores e dados da literatura técnicas.

Os índices de gravidade foram estabelecidos de acordo com estudo feito com o consumidor, através de histórico de reclamações.

Os índices de detecção foram baseados em dados históricos e pesquisa junto a colaboradores.

Os Quadros 14, 15 e 16 mostram os índices de ocorrência, gravidade, detecção e risco.

QUADRO 14 – TABELA DE ÍNDICES DO CORPO

| Componente | Funções | Modo de falha | Efeito | Causa | O | G | D | RPN |
|------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|---|----|---|-----|
| Corpo | - Facilitar o transporte | - Dificuldade no manejo | - Quebra por queda | - Formato inadequado | 1 | 7 | 5 | 35 |
| | | | | - Material fraco | 2 | 7 | 5 | 70 |
| | | | | - Erro da máquina | 1 | 7 | 5 | 35 |
| | - Vedar e proteger | - Impurezas devido à má proteção | - Intoxicação | - Erro no formato | 1 | 10 | 5 | 50 |
| | | | | - Furo na peça | 1 | 10 | 5 | 50 |

Para o corpo, o material fraco, erro do formato e furo na peça foram as causas que apresentaram os maiores índices de risco.

QUADRO 15 – TABELA DE ÍNDICES DA BASE

| Componente | Funções | Modo de falha | Efeito | Causa | O | G | D | RPN |
|------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|---|---|---|-----|
| Base | - Imantar a água | - Não imantar a água | - Má funcionalidade | - Erro na montagem | 3 | 7 | 5 | 105 |
| | | | | - Matéria-prima fora da especificação | 2 | 7 | 5 | 70 |
| | | | | - Erro no projeto | 1 | 7 | 5 | 35 |
| | - Suporte do corpo | - Dificuldade no transporte | - Quebra por queda | - Formato fora do padrão | 3 | 8 | 3 | 72 |
| | | | | - Erro da máquina | 3 | 7 | 3 | 63 |
| | | | | - Erro no projeto do formato | 1 | 8 | 3 | 24 |

Para a base, o erro na montagem e o formato fora do padrão foram as causas que apresentaram os maiores índices de risco.

QUADRO 16 – TABELA DE ÍNDICES DO FILTRO

| Componente | Funções | Modo de falha | Efeito | Causa | O | G | D | RPN |
|------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---|---|----|---|-----|
| Filtro | - Filtrar a água | - Não filtrar a água | - Intoxicação | - Erro na montagem | 2 | 10 | 2 | 40 |
| | | | | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 2 | 100 |
| | | | | - Peça danificado | 4 | 10 | 2 | 80 |
| | - Eliminar odores e gosto | - Não eliminar odores e gosto | - Cheiro alterado | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 3 | 150 |
| | | | | - O corpo "libera gosto e cheiro de plástico" | 5 | 10 | 3 | 150 |
| | - Reduzir metais pesados | - Metais pesados na água | - Intoxicação | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 5 | 250 |
| | | | | - Peça danificado | 4 | 10 | 5 | 200 |
| | - Eliminar o cloro | - Cloro na água | - Intoxicação | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 2 | 100 |
| | | | | - Erro na montagem | 2 | 10 | 2 | 40 |
| | | | | - Peça danificado | 4 | 10 | 2 | 80 |
| | - Conservar minerais da água | - Não conservação de minerais na água | - Má funcionalidade | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 5 | 250 |
| | - Eliminar bactérias e vírus | - Contaminação da água | - Intoxicação | - Matéria-prima fora da especificação | 5 | 10 | 2 | 100 |
| | | | | - Erro na montagem | 2 | 10 | 2 | 40 |
| | | | | - Peça danificado | 4 | 10 | 2 | 80 |

Para o filtro, a matéria-prima fora da especificação e peça danificada foram as causas que apresentaram os maiores índices de risco.

3.4.7 – Controles atuais

Eram feitas as inspeções somente quando solicitados.

3.4.8 – Ações Recomendadas

Melhorar a qualidade da matéria-prima, verificar e revisar as especificações, projetar novos formatos do corpo e fazer revisões periodicamente das máquinas.

4 - CONCLUSÃO

A dificuldade encontrada na elaboração da FMEA reside no fato em que a empresa não possui uma base histórica de dados para uma avaliação mais objetiva. Com isso, torna-se difícil a determinação dos índices de ocorrência e detecção. A elaboração de uma FMEA em equipe minimiza este efeito pois possibilita uma visão mais ampla das causas (histórico informal).

Uma vez completada a FMEA acaba sendo uma referência para análise de outros produtos ou processos similares, diminuindo os custos de sua elaboração, uma vez que serão amortizados na análise de vários produtos.

O formulário FMEA é um documento “vivo”, ou seja, uma vez realizada uma análise para um produto/processo qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico.

Além disso, mesmo que não haja alterações deve-se regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo.

Na empresa Puriplast Plásticos do Brasil Ltda as causas que apresentaram maiores índices foram: material fraco, erro na montagem, formato fora do padrão e matéria-prima fora da especificação. E foram tomadas as seguintes medidas: melhoria da qualidade da matéria-prima, verificação e revisão das especificações, projetar novos formatos do corpo e fazer revisões periodicamente das máquinas. Assim o novo produto apresentará a conformidade e a confiabilidade desejada pelos clientes.

Esse método parece ser mais efetivo no que se refere a priorização de ações (aqui não se fez nenhuma afirmação contundente já que se entende tratar-se de algo relativo). De qualquer forma, dependendo do objetivo e desejos da organização ao usar tal ferramenta, entende-se que os dois critérios podem ser até utilizados de forma complementar. Independente da abordagem, o FMEA, certamente, uma poderosa ferramenta de auxílio no controle da qualidade.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, V. F. (1992). **TQC: Controle da qualidade total**. Ed. Fundação Christiano Ottoni. Belo Horizonte, MG.

FEIGENBAUM, A. V. (1994). **Controle da qualidade total**. Ed. Afiliada. São Paulo, SP.

HELMAN, H. & ANDERY, P.R.P. (1995). **Análise de falhas** (aplicação dos métodos de FMEA – FTA). Ed. Littera Maciel Ltda. Belo Horizonte, MG.

MIGUEL, P. A. (2001). **Qualidade: Enfoques e Ferramentas**. Ed. Artliber. São Paulo, SP.

OLIVEIRA, C. B. M. & ROZENFELD, H. (1997). **Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais. Gramado, RS.

PALADY, P. (1950). **FMEA: Análise dos modos e efeitos**. Ed. Imam. São Paulo, SP.

PALADINI, E. P. (2004). **Gestão da qualidade: teoria e prática**. Ed. Atlas. São Paulo, SP.