

Identificação dos Fatores de Influência na Aplicação do Método *Failure Mode and Effect Analysis*- FMEA de Processo: um estudo em produtos estampados

Richard Posso, M. Eng. ¹

Carla Estorilio, Dra. Eng. ²

RESUMO

Muitas das características que definem o sucesso ou o fracasso de produtos estão ligadas à etapa de projeto. Decisões tomadas na etapa de projeto do produto afetam diretamente a qualidade, o custo e o desempenho. Na fase de projeto, uma das técnicas mais utilizadas e difundidas para melhorar a confiabilidade de um produto é o FMEA, que permite a análise preventiva das possíveis causas de falhas. Nesse contexto, o estudo apresenta alguns critérios para minimizar as divergências de opinião durante o desenvolvimento do FMEA de processo entre uma montadora de veículos e seus fornecedores durante o planejamento do processo de estampagem. A indústria automobilística é o foco principal do estudo por apresentar as melhores condições de obtenção de dados junto à empresa e seus fornecedores. Através da análise dos resultados de questionários aplicados aos principais fornecedores, uma análise crítica foi realizada sobre os dados recolhidos, fornecendo como resultado, sete fatores de influência na aplicação do método FMEA: conhecimento, histórico de falhas, trabalho em equipe, sintonia fornecedor-montador, tempo de preenchimento, formação e controle.

Palavras - chave: Desenvolvimento de Processo. FMEA.

1 INTRODUÇÃO

Em um âmbito geral, a satisfação do cliente pode ser expressa pela relação entre percepção e expectativa, ou seja, “o cliente satisfeito é aquele que percebe que o atendimento de suas necessidades pela organização é pelo menos igual àquele que se esperava” (CROSBY, 1997), sendo a confiabilidade do produto um dos itens importantes nesta mensuração de satisfação. Nesta dimensão da satisfação, a 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

¹ Prof. Richard Posso (M.Eng.), Tecnologia Gestão da Produção Industrial / UNICURITIBA-PR. rposso@pop.com.br

² Profa. Carla Estorilio (Dra. Eng.), Pós-graduação em Eng. Mecânica e de Materiais - PPGEM-DAMEC / UTFPR. amodio@utfpr.edu.br

técnica e totalmente coberta pelos termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo.

Na fase de projeto, uma das técnicas mais utilizadas e difundidas para melhorar a confiabilidade de um produto é o FMEA (FERREIRA e TOLEDO, 2001), que permite a análise preventiva das possíveis causas de falhas. Desta maneira é reduzida a possibilidade de defeito do produto, melhorando, assim, a sua confiabilidade.

Nos últimos anos, muitas organizações têm usado o FMEA na análise dos seus processos. Isso se deve ao fato de que a QS-9000 determina o uso deste método para as empresas automotivas e seus fornecedores durante o projeto e o desenvolvimento de um novo produto ou processo, fato este que fez com que se olhasse para o FMEA de uma maneira mais consistente (IQA, 2002).

Apesar de sua consistência, nota-se que apesar do método apresentar um aspecto quantitativo, a subjetividade nas pontuações acaba alterando a confiabilidade da análise.

Segundo CEV (2000), apesar dos inúmeros livros publicados na área e das centenas de ações de formação realizadas, a maior parte das organizações não tem conseguido aproveitar todos os benefícios que o FMEA disponibiliza. Através de um conjunto de inquéritos realizados a mais de uma centena de empresas, é possível concluir que a maior parte das pessoas que conhece e usa o FMEA não o vê como um método de grande potencial, mas sim, como algo que é preciso fazer para cumprir os requisitos das auditorias de qualidade ou as especificações dos clientes (CEV, 2000). Uma das principais razões deste tipo de abordagem reside no fato de que a maior parte dos FMEA's são construídos e usados incorretamente.

Sendo assim, o conhecimento de como as empresas realizam o preenchimento de seus FMEA's, quais sistemáticas são usadas na fase de elaboração e quais os fatores que geram disparidades nas análises são informações de extrema importância para se compreender e assegurar os resultados obtidos com o método.

2 CONFIABILIDADE

A confiabilidade é uma característica de qualidade de um produto, relacionada com a sua utilização. Pode ser considerado um caracterizador global, pois a qualidade só é adequada se a missão do produto for cumprida satisfatoriamente. A confiabilidade mede o desempenho do sistema produtivo, ou seja, é a capacidade deste meio se manter com qualidade no decorrer do tempo.

Um meio confiável é aquele que apresenta poucas falhas à medida em que envelhece, afinal, as falhas dos equipamentos são comuns no início da implantação, logo após a implantação e no final de sua vida útil.

Segundo Lafraia (2001), a taxa de defeitos de um componente é dada pelo número de falhas por unidade de tempo e varia com o tempo de vida de cada componente. Uma representação usual para a taxa de defeitos de componentes é dada pela curva da banheira, conforme pode ser observado na Figura 1:

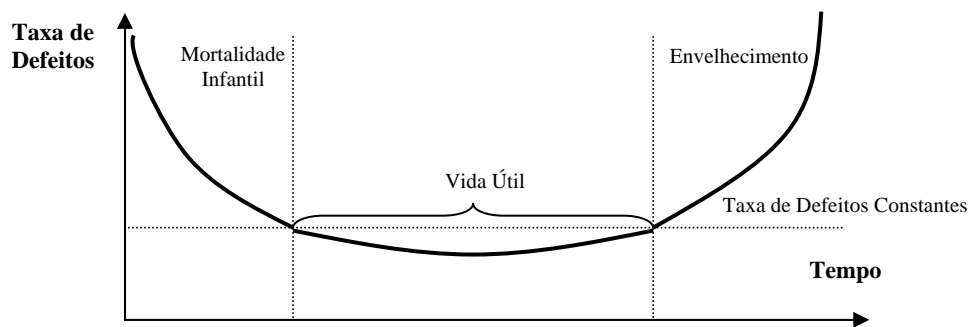


Figura 1 - Curva da Banheira
Fonte: adaptado de Lafraia (2001).

Slack e Johnston (2002) definem confiabilidade como a habilidade de um sistema, produto ou serviço de desempenhar-se como o esperado durante certo intervalo de tempo. Isso significa fazer as coisas a tempo de os consumidores receberem seus bens ou serviços prometidos.

Lafraia (2001) menciona que a confiabilidade é a habilidade de um componente, equipamento ou sistema exercer a sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas.

A necessidade de reduzir falhas durante o uso tornou-se prioridade. As empresas de serviços e os processos empresariais dependem da operação continuada de seus equipamentos para prover serviços com rapidez e qualidade. Para as empresas de fabricação, o índice de falhas durante o uso constitui em um elemento importante para a medição da qualidade do produto.

Segundo Juran (1997), a necessidade de reduzir falhas durante o uso tem gerado um grande volume de práticas e uma literatura dedicada à “análise da confiabilidade” de projetos de produtos. A metodologia inclui a preparação dos modelos de confiabilidade e a quantificação da confiabilidade, gerando bancos de dados de índices de falhas de vários projetos.

Com o custo e a complexidade cada vez maiores, a importância da confiabilidade como um parâmetro de eficiência, o qual deve ser especificado e pelo qual se paga, tornou-se evidente. Lafraia (2001) relata os benefícios com a aplicação da confiabilidade:

- a) Aumentar os lucros através de menores custos de manutenção; menores perdas por lucro cessante e menores possibilidades de acidentes;
- b) Fornecer soluções às necessidades atuais das indústrias aumentando a produção / unidades mais lucrativas; flexibilizando a utilização de diversos tipos de cargas; respondendo rapidamente às mudanças nas especificações de produtos e cumprindo com a legislação ambiental, de segurança e higiene;
- c) Permitir a aplicação de investimento com base em informações quantitativas: segurança, continuidade operacional e meio ambiente.

Conforme Cicco (1996), o estudo da confiabilidade pode ser dividido em três etapas. Na primeira etapa é definido o sistema a ser analisado e identificam-se as suas falhas potenciais. Durante a segunda etapa, a partir das falhas já identificadas, inicia-se um estudo qualitativo e quantitativo da seqüência de falhas através de testes reais e simulações. Na última etapa restam atividades como a realização de cál-

culos, visando quantificar os efeitos de uma falha, descrição de seu comportamento e avaliação dos riscos para pessoas, meio ambiente e demais danos materiais.

Segundo Juran (1997), a tecnologia coloca produtos perigosos nas mãos de amadores. Ela também cria subprodutos perigosos que ameaçam a saúde humana, a segurança e o meio ambiente. A extensão de tudo isso é tão grande, que grande parte do esforço de planejamento de produtos e processo deveria se concentrar na redução de falhas e riscos aceitáveis.

3 A RELAÇÃO QUALIDADE X CONFIABILIDADE

O mercado cada vez mais competitivo tem forçado as indústrias a buscar cada vez mais a melhoria de seus produtos e processos. Empresas que se mostram mais eficazes nesta tarefa têm se destacado pela obtenção do reconhecimento de seus clientes, concretizado pelo sucesso de seus produtos no mercado.

Ao buscar a melhoria de seus produtos, a empresa busca, em um contexto mais específico, atingir várias metas, que somadas, podem garantir o sucesso. Entre estas metas estão:

- a) Entrega de produtos mais funcionais, confiáveis, completos, originais;
- b) Redução de custos ao longo do ciclo de vida do produto;
- c) Minimizar o uso de recursos no desenvolvimento;
- d) Minimizar o tempo de desenvolvimento do produto.

Estas metas sintetizam um conjunto de fatores que determinarão a satisfação do cliente, traduzindo-se no fato de o produto atingir a finalidade para o qual ele foi projetado. Isto pode, de diversas maneiras e pontos de vista, ser interpretado como qualidade.

Qualidade é um conceito complexo e difícil de ser mensurado. Para afirmar que um produto é de qualidade, há que se levar em conta todas as informações sobre a vida do produto, entre elas, seu ciclo de vida, seus custos, os compradores, usuários, beneficiários, mantenedores e demais pessoas envolvidas com o produto, além dos impactos causados e sofridos pelo produto. Qualidade é, portanto, função de todas as características de desempenho do produto. Sendo assim, a incorporação de características de qualidade em um produto é uma tarefa complexa, onde nem sempre o resultado desejado é alcançado se os esforços não forem bem direcionados.

Xenos (1998) define qualidade como a forma pela qual os produtos e serviços são julgados pelos seus usuários. O foco de todo o processo de garantia da qualidade é o de assegurar a conformidade do produto com o que foi especificado. Esta conformidade é medida, não em valores absolutos, mas sim, pela variação das características do produto em torno dos valores especificados. Devido a esta abordagem da variação, ou variabilidade, inerente a qualquer processo, as técnicas de garantia de qualidade estão baseadas em conceitos estatísticos.

Na abordagem de Martins (2001), a qualidade de um produto deve contemplar oito elementos:

- a) Características operacionais principais (primárias). Todo produto deve ter bom desempenho nesse tipo de característica. Assim, um relógio de-

ve marcar a hora corretamente e um aparelho de televisão deve ter boa definição de imagem;

- b) Características operacionais adicionais (secundárias). São características complementares ao produto, que o tornam mais atrativo ou facilitam a sua utilização, como o controle remoto em um conjunto de som ou o *timer* em um aparelho de televisão;
- c) Conformidade (às normas e especificações). A conformidade é a adequação às normas e às especificações utilizadas para a elaboração do produto. A conformidade costuma ser medida pela quantidade de defeitos ou de peças defeituosas (fora de padrão) que o processo de produção apresenta;
- d) Durabilidade. A durabilidade é medida pelo tempo de duração de um produto até a sua deterioração física. A durabilidade e a confiabilidade estão bastante associadas;
- e) Assistência técnica. É a maneira com que é tratado o cliente e o produto no momento de um reparo. A necessidade de visitas constantes a uma assistência e os altos preços de conserto são fatores negativos para a imagem do produto;
- f) Estética. É baseada em critérios subjetivos. Durante muitos séculos associou-se qualidade à beleza - “o que é belo é bom” - e de certa forma esse conceito ainda é muito forte na venda dos produtos. Sendo assim, deve-se dedicar atenção especial ao *design* do produto;
- g) Qualidade percebida. O conceito relacionado é “o produto que parece ser bom, é bom”. Assim, novos produtos de marcas conhecidas e renomadas, mesmo que os fabricantes não tenham tradição na fabricação deste produto em particular, terá associada à eles a imagem de boa qualidade;
- h) Confiabilidade. Define-se confiabilidade como “a probabilidade de o produto não apresentar falhas em um determinado período”. Uma avaliação aceita para a confiabilidade é dada pelo MTBF (*Mean Time Between Failures* - tempo médio entre falhas) e também pela porcentagem de falhas por unidade de fator de vantagem competitiva importante.

Nesta linha evolutiva do processo de garantia de qualidade de produtos, várias técnicas e conceitos foram sendo aprimorados. Surgiram vários métodos que hoje são conhecidos e sobre os quais existe muita informação e cuja aplicação na indústria tem gerado melhorias significativas. Entre estas técnicas podem ser citadas:

- a) *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA);
- b) *Quality Function Deployment* (QFD);
- c) Metodologia Taguchi e *Design of Experiments* (DOE);
- d) *Failures Tree Analysis* (FTA);
- e) Diagrama de Causa e Efeito;
- f) Análise de Valor.

No âmbito do conceito de “qualidade desde o projeto”, a 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 pelos 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 consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares, nos quais o mau funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário.

4 O CONCEITO DE FALHA

Segundo a Norma NBR 5462-1994, “a falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a redução total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade”. Portanto, a definição de falha assume que a função exigida seja precisamente conhecida.

Embora nenhuma operação produtiva seja indiferente às falhas, em algumas, os produtos não podem falhar, como aviões em voo ou fornecimento de eletricidade em hospitais. Outros produtos e serviços sempre devem funcionar quando necessários; cintos de segurança de carros, serviços de policiamento e outros serviços de emergência. Nestas situações, a confiabilidade não é somente desejável, mas também essencial. Em situações menos críticas, ter produtos e serviços confiáveis pode ser uma forma de as organizações ganharem alguma vantagem competitiva.

Os gerentes de operações produtivas, que quase sempre estão preocupados com a melhoria da confiabilidade, tanto de sua operação, como dos produtos e serviços que produzem, tentam usar estratégias para minimizar a probabilidade das falhas ocorrerem. Entretanto, apesar das tentativas de preveni-las, as falhas podem acontecer. O que é importante, nesse caso, é que existam estratégias que os ajudem a se recuperar das falhas quando elas vierem a acontecer. Afinal, sempre há a probabilidade de que, ao fabricar um produto ou prestar um serviço, as coisas possam sair erradas.

Entretanto, aceitar que ocorrerão falhas não significa ignorá-las ou deixar de tentar minimizá-las. Além disso, nem todas as falhas são igualmente sérias. Algumas são incidentais e podem não ser percebidas pelos usuários. As organizações, portanto, precisam discriminar as diferentes falhas e prestar atenção especial àquelas que são críticas por si só ou que podem prejudicar o resto da produção. Para isso, é preciso compreender a(s) causa(s) da falha e ser capaz de medir o impacto da mesma.

Segundo Slack e Johnston (2002), as falhas na produção podem ser agrupadas em:

- a) Falhas de projeto;
- b) Falhas de instalação;
- c) Falhas de pessoal;
- d) Falhas de fornecedores;
- e) Falhas de clientes.

Moubray (1997) aponta que a origem de todas as falhas é algum tipo de erro humano. A falha de uma máquina, por exemplo, normalmente é causada por um projeto mal elaborado, por uma manutenção precária, por uma falha na entrega, por problemas de gestão, pela falha de alguém ao fornecer instruções inadequadas, en-

tre outras. Enfim, as falhas raramente são resultados de aleatoriedades; a sua causa geralmente é humana.

Juran (1997) classifica o erro humano em três categorias:

- a) **Erro por falta de perícia:** são os erros decorrentes da falta de conhecimento ou habilidade da pessoa que executa o trabalho;
- b) **Erro voluntário:** são os erros que ocorrem pelo fato da pessoa ignorar regras ou normas, não obedecer aos padrões, realizar sabotagens, entre outros;
- c) **Erro inadvertido:** são aqueles que ocorrem por falta de atenção, por distração, fadiga, entre outros.

Considerando os tipos de erro, constata-se que a falha pode ser controlada, até certo ponto, e que as organizações podem aprender com elas e, conseqüentemente, modificar o seu comportamento.

A conscientização desse fato levou ao que é chamado de conceito de falha como oportunidade. Em vez de identificar um “culpado”, que é considerado responsável e criticado pela falha, elas são vistas como uma oportunidade para se examinar porque ocorreram, visando implantar procedimentos que eliminem ou reduzam a probabilidade de recorrência.

5 MECANISMOS DE IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS

Identificar problemas de produção parece ser uma tarefa simples e elementar. As empresas podem não saber que o sistema falhou e por isso perdem a oportunidade de corrigir os erros para o cliente e de aprender com a experiência. Quando os clientes reclamam de um produto ou serviço, a situação pode ser tratada no local, mas o sistema pode não ser alterado, visando prevenir a recorrência do problema. Isto pode ocorrer para evitar chamar a atenção para o problema, sendo visto como um sinal de fraqueza, ou pela falta de habilidade (sistemas de identificação de falhas inadequados, falta de apoio gerencial ou interesse em fazer melhorias).

Moore (1997) desdobra os mecanismos para procurar falhas do seguinte modo:

- a) Verificações no processo;
- b) Investigação de Acidentes;
- c) Diagnósticos de Máquinas;
- d) Análise de queixas e fichas de reclamação;
- e) Entrevistas e questionários;
- f) Grupos de foco;
- g) Métodos específicos para a análise de falhas.

Normalmente, a detecção das falhas ocorre na fase operacional. Tendo em vista esta realidade, as empresas vêm buscando e aplicando, de forma crescente, métodos de análise de falhas que visem à prevenção, detecção e controle de falhas, objetivando aumentar o valor agregado do produto, tornando-o cada vez mais competitivo e em conformidade com as exigências dos clientes.

Os métodos de análise de falhas mais conhecidos são:

- a) FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*);
- b) HAZOP (*Hazard and Operability Analysis*);
- c) FTA (*Failure Tree Analysis*);
- d) PHA (*Preliminary Hazards Analysis*);
- e) AFD (*Anticipatory Failure Determination*).

Entre estes métodos, o FMEA é provavelmente a ferramenta de análise de confiabilidade de projeto mais difundida e empregada nas empresas (Palady, 1997). O objetivo básico desta técnica é detectar falhas antes que se produza uma peça e /ou produto. Pode-se dizer que, com a sua utilização, a probabilidade do produto ou processo falhar é reduzida, aumentando a sua confiabilidade.

6 FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS - FMEA

O FMEA é um método de análise de produtos ou processo utilizado para identificar os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo (não exige cálculos sofisticados). É, portanto, um método analítico, padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa (STAMATIS, 1995). Segundo Palady (1997), o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir problemas.

O manual complementar de FMEA da QS 9000 define as técnicas como um grupo de atividades sistêmicas com o objetivo de:

- a) Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto / processo e seus efeitos;
- b) Identificar ações que podem eliminar ou reduzir a probabilidade do modo de falha potencial vir a ocorrer;
- c) Documentar o processo de análise.

O FMEA segue a filosofia de que só a solução de problemas não é suficiente para as atividades de engenharia: é necessária a prevenção desses problemas (segundo CLAUSING³, citado por OLIVEIRA e ROZENFELD, 1997).

Segundo Slack e Johnston (2002), o objetivo da análise do efeito e modo de falhas é identificar as características do produto ou serviço que são críticas para vários tipos de falhas. É um meio de identificar falhas antes que aconteçam, através de um procedimento de “lista de verificação” (*check list*), que é constituída em torno de três perguntas-chave. Para cada causa possível de falha questiona-se:

- a) Qual é a probabilidade da falha ocorrer?
- b) Qual seria a consequência da falha?
- c) Com qual probabilidade essa falha é detectada antes que afete o cliente?

³ CLAUSING, D. **The design**. In: Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering. 2. ed., Nova Iorque: The American Society of Mechanical Engineers, 1994.

Na estratégia de aumento da confiabilidade, a adoção de medidas preventivas tornou-se indispensável e, como suporte a esta ação, o uso do FMEA foi considerado o mais adequado, dada a sua característica em adotar ações preventivas baseadas em prioridades (Nogueira e Toledo, 1999).

No FMEA raciocina-se de “baixo para cima” (*bottom up*), procurando determinar os modos de falha dos componentes mais simples, as suas causas e de que maneira eles afetam os níveis superiores do sistema (SILVA, TIN e OLIVEIRA, 1997).

7 DESCRIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Para o presente estudo, buscou-se obter informações junto aos fornecedores de peças estampadas de uma montadora de veículos no estado do Paraná. Estas informações foram obtidas através de uma pesquisa de campo realizada por meio de questionário, através do qual se pudessem detectar quais são os fatores de influência no preenchimento do FMEA de Processo.

Sendo assim, o questionário foi dividido em três seções: na primeira, as questões iniciais abordam características gerais como número de funcionários, parque fabril, principais produtos, fornecedores de matéria-prima, laboratórios e aplicativos.

Em uma segunda seção, o questionário aborda questões específicas sobre a reunião de preenchimento do FMEA, com questões fechadas, visando facilitar as respostas.

Na terceira e última seção, tem uma solicitação de envio de dez FMEA's de Processo realizados nos últimos 24 meses, os quais devem fornecer os dados para a análise e comparação propostas nesta investigação. Foram enviados sete questionários via e-mail e, após quarenta dias, houve o retorno de todos os questionários.

Atualmente, são onze estamparias que trabalham com a montadora, as quais podem ser distribuídas conforme o número de peças fornecidas (Figura 2):

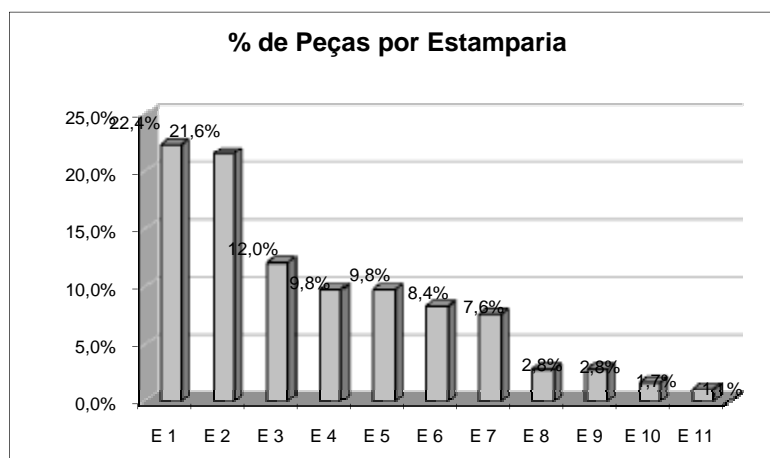


Figura 2 – Distribuição das peças por estamparia
Fonte: Elaborada pelos autores

Na Figura 2 constata-se que das onze estamparias fornecedoras, sete delas representam o maior volume no fornecimento de peças, somando 92% do total. Por-

tanto, para o estudo foram utilizadas as informações e dados provenientes dos questionários enviados para estes sete fornecedores.

8 RESULTADOS DA PESQUISA

8.1 Estrutura Física e Organizacional

A investigação foi conduzida com os sete principais fornecedores de peças estampadas de uma montadora de automóveis do Paraná. As empresas fornecedoras que foram analisadas estão distribuídas nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Para preservar a identidade das empresas, adotou-se a seguinte codificação:

- a) Empresa A: Estado de Minas Gerais;
- b) Empresas B, C e D: Estado de São Paulo;
- c) Empresas E, F e G: Estado do Paraná.

Para a investigação, as empresas foram classificadas em pequeno, médio e grande porte, classificadas, assim, em função das respostas dos questionários. Os critérios utilizados foram: número de funcionários, turnos de produção, capacidade produtiva, clientes, parque industrial, número de ferramentais, laboratórios, softwares e sistema da qualidade. Todas as empresas estão localizadas nas capitais ou nas suas regiões metropolitanas, conforme mostrado na Figura 3.



Figura 3 – Distribuição geográfica dos fornecedores
Fonte: Elaborada pelos autores

Com estas informações, foi possível dividir a investigação conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1- Classificação do porte de cada empresa.

Grande Porte	Médio Porte	Pequeno Porte
Empresa A (MG) Empresa B (SP)	Empresa C (SP) Empresa D (SP)	Empresa E (PR) Empresa F (PR) Empresa G (PR)

Fonte: Elaborada pelos autores

8.2 Utilização do FMEA de Processo pelos Fornecedores

O primeiro item abordado na 2ª etapa do questionário foi relativo ao número de pessoas que participam nas reuniões FMEA's. Na Tabela 2 é possível observar o número de participantes dos fornecedores analisados:

Tabela 2- Número de participantes na reunião.

Empresa	Até 2 pessoas	De 2 a 4 pessoas	De 4 a 6 pessoas	Mais de 6 pessoas
A				X
B			X	
C			X	
D		X		
E		X		
F		X		
G		X		

Fonte: Elaborada pelos autores

Constata-se que apenas três empresas desenvolvem suas reuniões de FMEA com mais de quatro pessoas. Foi perguntado ainda, dentro do tema reunião, qual o número de pessoas por departamento que participam na elaboração do FMEA. A Tabela 3 mostra os resultados levantados em relação aos diferentes departamentos participantes:

Tabela 3- Número de pessoas por departamento participante.

Empresa	Qualidade	Engenharia	Manufatura	Ferramentaria	Logística	Cliente	Outros
A	1	2	1	1	1		Operador
B	1	1	2	1			
C	1	2	1	1			
D	1	1	1	1			
E	1	1	1				
F	1	1	1				
G	1	1	1				

Fonte: Elaborada pelos autores

O que se observa é que quanto maior o porte da empresa, maior o número de departamentos participantes, devido à organização possuir mais subdivisões internas e, portanto, mais setores. É interessante destacar a participação dos operadores na “empresa A” e a falta de participação do cliente-montadora na etapa de elaboração do FMEA de Processo em todas elas.

A seguir, solicitou-se que os fornecedores indicassem o tempo gasto durante a reunião FMEA. Questionou-se ainda se o tempo utilizado na reunião era considerado elevado. A Tabela 4 mostra os resultados levantados em relação à duração da reunião FMEA:

Tabela 4- Número de horas por reunião.

Empresa	Até 2 horas	De 2 a 3 horas	Mais de 4 horas
A		X	
B			X
C		X	
D		X	
E	X		
F	X		
G	X		

Fonte: Elaborada pelos autores

Com relação à duração da reunião FMEA, apesar de alguns fornecedores responderem que as reuniões duram até duas horas, todos os fornecedores responderam que consideram a reunião muito demorada.

Como o FMEA não é uma ferramenta simples de se utilizar, foi questionado se é exigido o conhecimento sobre o FMEA para participar das reuniões. Nas respostas observou-se que as empresas de grande porte exigem conhecimento sobre a ferramenta, porém, nas empresas de médio e pequeno porte esta condição não é exigida.

8.3 Comparação dos FMEA's dos Fornecedores

A investigação foi baseada na folha de análise padrão recomendada pelo Instituto de Qualidade Automotiva. Para cada coluna foram analisados os dados de preenchimento dos fornecedores a serem estudados. Como pode ser observada na Figura 4, cada coluna apresenta um número que corresponde à seção desta investigação no qual o item estudado é apresentado.

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL																
FMEA DE PROCESSO																
Item		Responsável pelo Projeto		FMEA Número												
Ano Modelo(s) Veículo(s)		Data Chave:		Pagina												
Equipe:				Preparado por:												
				Data FMEA												
				REV:												
										Resultados da Ação						
Função do Processo	Modo de Falha Potencia	Efeito Potencial da Falha	SEVERIDADE CLASSIFICAÇÃO	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	OCORRÊNCIA	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	DETECÇÃO	NPR	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações Tomadas	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	NPR
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)		h)		i)		j)				

a) Definição das Operações no Processo de Estampagem: funções do processo

Decidiu-se tabular as principais operações ou funções preenchidas na folha de análise de cada fornecedor, com o objetivo de padronizar as informações referentes ao processo.

- 1 – Receber: recepção de matéria-prima que será processada posteriormente;
- 2 – Cortar: operação de corte onde é dado o formato inicial da peça;
- 3 – Estampar: operação de embutimento onde ocorre a deformação plástica;
- 4 – Dobrar: operação onde é realizada a dobra do material;
- 5 – Furar: operação de furação também conhecida como “puncionar”;

- 6 – Recortar: operação de recortes nas peças tanto externos como internos;
- 7 – Embalar: operação final do processo onde a peça é embalada.

As etapas 1 e 7 são funções de apoio ao processo, as quais garantem a qualidade e confiabilidade, tanto na entrada do processo, quanto na saída. As operações de 2 a 6 são exclusivas do processo de estampagem.

b) Análise dos Modos de Falhas

Nesta etapa da investigação, para cada operação citada anteriormente foi tabulado o número de modo de falhas potenciais descrito de cada fornecedor, sendo analisados 10 FMEA's de cada empresa.

Percebe-se que os fornecedores A, B, C e D (grande e médio porte) apresentam em suas análises um número próximo com relação aos modos de falhas potenciais em seus processos de fabricação, enquanto os fornecedores E, F e G (pequeno porte) apresentam um número menor no levantamento dos modos potenciais de falhas em seu processo. Destaca-se a grande diferença na quantidade de modos de falhas. Fornecedores de grande e médio porte chegam a identificar três modos de falha para a operação de dobrar, por exemplo, enquanto fornecedores de pequeno porte encontram apenas um modo de falha para esta operação.

Constata-se, portanto, uma influência do porte da empresa na quantidade de modos de falhas identificados, o que aponta indícios de que, apesar do método FMEA ter métricas padrões, diferenças podem ser encontradas.

c) Análise dos Efeitos dos Modos de Falhas

O efeito da falha é a consequência que a falha acarreta ao produto ou sistema e, conseqüentemente, ao cliente e usuário. Para cada Modo de Falha descrito, existem um ou mais efeitos relacionados. Não se detectaram, neste item, variações com relação aos resultados, sendo este comprometido apenas em função do item anterior.

d) Severidade e Classificação

Talvez seja esta uma das etapas mais importantes do método FMEA. Nesta etapa é definido o impacto que o modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente.

Comparando a análise de severidade de cada fornecedor por operação / função do processo, percebe-se a dispersão de índices para os mesmos padrões de operações. Apesar de grande parte dos fornecedores utilizarem o mesmo padrão de classificação recomendado pelo IQA, os índices de severidade apresentam disparidades que, teoricamente, se o método fosse seguido como preconizado, não deveriam ocorrer. Constata-se, analisando uma operação específica, que cada fornecedor classifica a sua severidade utilizando um critério diferente. Entre os fornecedores, para a mesma falha de um processo de fabricação específico, a classificação de severidade é alta, para outros ela é extremamente baixa.

Quanto ao tópico “classificação”, apenas a metade dos fornecedores preencheram esta coluna. Ela deveria ser utilizada para classificar qualquer característica especial do produto ou processo para um componente, subsistema ou sistema que pudesse requerer controles adicionais no processo.

e) Causas e Mecanismos Potenciais de Falhas

A causa potencial da falha é definida como a forma pela qual a falha poderia ocorrer, descrita em termos de algo que possa ser corrigido ou possa ser controlado.

Em uma análise estruturada, com apoio de outras ferramentas de qualidade específicas para este fim, consegue-se mapear a maior parte das causas, tornando assim, a análise mais consistente. Infelizmente, constata-se, com os resultados obtidos, que o número de causas varia em grande escala. Para algumas operações se tem na análise do efeito apenas uma causa, enquanto para outras análises, apontam-se até três causas para o mesmo efeito. Salienta-se que não se questiona a veracidade da causa, mas a importância e a forma como se detectou a mesma.

Segundo o IQA (2002), deve-se listar, da forma mais completa possível, todas as causas de falha assinaláveis para cada modo e falha potencial. Ferramentas como Projeto de Experimentos e Diagrama de Causa e Efeitos poderiam ser utilizados para aumentar a confiabilidade do trabalho.

f) Índice de Ocorrência

O estabelecimento do índice de ocorrência deve ser baseado no número de falhas que são antecipadas durante a execução do processo. Se dados estatísticos de processos similares estão disponíveis, os mesmos devem ser usados para determinar o índice de ocorrência.

Sendo assim, não é recomendada a comparação de resultados deste tópico, pois cada fornecedor tem seu próprio histórico, tornando assim os resultados diferentes. É importante salientar que o Instituto de Qualidade Automotiva alerta sobre a subjetividade da avaliação. Ela compromete a veracidade das informações, tornando os itens avaliados suscetíveis de transformações conforme a conveniência, com o objetivo de evitar planos de ações.

g) Controles Atuais do Processo (Prevenção e Detecção)

Nestas colunas são descritos os controles que podem detectar ou prevenir, na medida do possível, a ocorrência do modo de falha ou o mecanismo da falha.

Neste ponto, todas as análises apresentam controles bem detalhados, tanto para prevenção, como para detecção.

h) Índice de Detecção

Detecção é um índice que representa o quanto uma falha poderia ser detectada antes que ela viesse a ocorrer. Neste tópico também não se considera apropriado comparar as pontuações de cada fornecedor, pois existe uma influência do projeto do processo de fabricação da peça neste item. Sendo assim, dependendo da ordem de como as operações de estampagem estão projetadas, têm-se variações no índice de detecção.

Apesar deste fato, detalhando uma operação (Recebimento de matéria-prima) que teoricamente é uma inspeção, percebem-se discrepâncias relativamente altas na análise do FMEA de apenas um dos fornecedores. Acredita-se em um erro de análise, pois o índice de detecção é menor quanto maior a probabilidade de detec-

ção da falha e, neste caso, um fornecedor utilizou valores muito altos para o procedimento em questão.

i) Número de Prioridade de Riscos (NPR) e Ações Recomendadas

O NPR é o produto dos índices de severidades, Ocorrência e Detecção. Seu objetivo é indicar prioridades às ações recomendadas. Para se verificar a necessidade ou não de Ações Corretivas, devem ser analisados conjuntamente os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção. A simples análise ou comparação do Risco não é suficiente para esta decisão.

Palady (1997) sugere que riscos acima de 100 ou índices de severidade maiores que 8 devam conter ações imediatas e /ou preventivas, o que é compatível com a exigência da montadora estudada.

Neste item, todos os fornecedores preencheram as informações, porém, constataram-se discrepâncias com relação à tomada de ações. Houve casos de fornecedores que tomaram ações com NPR equivalente a 40. Outros manifestaram um plano de ação com um índice de severidade de sete. Ou seja, não é claro para os fornecedores qual é a exigência da montadora com relação à tomada de ações.

j) Resultados das Ações

Segundo o IQA (2002), todos os índices revisados deveriam ser analisados criticamente e se ações adicionais forem consideradas necessárias, a análise deveria se repetir. O foco deveria ser sempre na melhoria contínua. Infelizmente não é o que acontece. Os FMEA's enviados pelos fornecedores estavam desatualizados, pois não contemplavam uma série de problemas e falhas observadas durante a execução do projeto em questão, de conhecimento da montadora.

Ou seja, o FMEA se tornou um documento apenas para cumprir a exigência da montadora na etapa inicial de projeto de um novo produto ou processo.

9 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DO FMEA DE PROCESSO

Considerando o estabelecido pela literatura e o que acontece na prática pelos fornecedores de produtos estampados para a indústria automotiva, através dos resultados do estudo se faz possível a identificação dos principais fatores que influenciam o preenchimento do FMEA de Processo.

9.1 Influência do Conhecimento

Através da comparação das análises dos FMEA's, identificou-se que as empresas de médio e grande porte apresentam resultados próximos na identificação dos Modos de Falhas. Isto se deve ao *know-how* que estas empresas apresentam devido aos anos de experiência no ramo automotivo.

São empresas que estão freqüentemente investindo na formação e reciclagem de seus funcionários, com o intuito de formar profissionais cada vez mais especializados em determinadas áreas do conhecimento.

As empresas de pequeno porte, por não estarem constantemente sendo cobradas deste tipo de análise, não conseguem, ou conseguem de maneira inapropriada, responder a esse tipo de análise.

9.2 Histórico de Falhas

Não se constata nos levantamentos realizados a preocupação das empresas em elaborar um banco de dados referente às falhas presentes em seus processos ou produtos. Para cada nova análise, as empresas se mostram dependente do conhecimento das pessoas envolvidas, não considerando o histórico de desenvolvimentos já realizados e que poderiam ser de grande utilidade no preenchimento da análise.

9.3 Trabalho em Equipe

O FMEA é um método eficaz desde que seja realizado em equipe. Todos os fornecedores avaliados descrevem no cabeçalho da folha de análise a equipe que participou do preenchimento do FMEA. Apesar de ter sido solicitado, nenhum fornecedor enviou um documento que evidenciasse a reunião para o preenchimento do FMEA.

De todos os FMEA's analisados, nenhum teve a participação efetiva do grupo de engenharia da montadora no desenvolvimento do FMEA. A montadora figura em um segundo momento para validar o FMEA, o que não se torna eficaz.

9.4 Sintonia Fornecedor - Montadora

Apesar da parceria existente entre fornecedor e montadora, na realização da análise FMEA, isto não é visível. Como citado anteriormente, os FMEA's são realizados exclusivamente pelos fornecedores, sendo enviados para validação da montadora, o qual é realizado exclusivamente pelo grupo de engenharia.

O fornecedor preenche o FMEA levando em consideração apenas o seu processo. O tópico "classificação" raramente é preenchido, pois o fornecedor muitas vezes desconhece onde a peça será montada no veículo, qual é a sua função e importância.

Ressalta-se, entretanto, que é importante a participação dos membros da montadora na elaboração do FMEA, pois assim pode-se identificar possíveis falhas, não só no processo do fornecedor, mas também, na linha de montagem da montadora e com o produto em uso, ou seja, no cliente final.

Provavelmente, desta maneira se evitaria as disparidades encontradas nos índices de severidade encontradas nas análises estudadas.

9.5 Tempo para Preenchimento do Método

O preenchimento do FMEA não é algo simples, nem rápido. Horas podem ser despendidas para realizar uma análise, tornando o método pouco agradável e receptivo aos olhos dos participantes.

Pode-se perder qualidade na análise, principalmente nos tópicos que demandam algum tipo de levantamento ou histórico, como por exemplo, na definição do índice de ocorrência. Muitas vezes em reuniões de FMEA's, principalmente neste tópico, as pessoas pensam sobre o nível de ocorrência sem embasamento histórico ou experiência.

9.6 Formação

No preenchimento do método, percebe-se que alguns fornecedores realizam de maneira incorreta ou deixam de realizar considerações importantes. No tópico “causas dos efeitos de falhas”, os fornecedores de pequeno porte não apresentam uma boa qualidade na análise, não identificando claramente qual é a causa raiz da falha. Isso, provavelmente, se deve ao fato destes não terem passado por um treinamento adequado.

9.7 Controle

Uma vez preenchido o FMEA, este é arquivado e praticamente não é mais consultado, nem utilizado. Isto contraria a recomendação do Instituto de Qualidade Automotiva, pois o FMEA se refere a uma ferramenta utilizada também para a melhoria contínua.

Existe, portanto, uma falha no controle de revisões dos FMEA's, o que prejudica a sua utilização como base para outros estudos.

10 CONCLUSÕES

Através de informações provenientes de sete fornecedores de peças estampadas para uma montadora de automóveis do estado do Paraná, buscou-se verificar as disparidades presentes na aplicação do método FMEA de Processo. Constatou-se que fatores como *know-how*, trabalho em equipe, tempo de preenchimento e controle são alguns dos pontos de influência no desenvolvimento dos FMEA's para a análise de novos processos de fabricação. Com o estudo, pôde-se identificar estes fatores, demonstrando o impacto da subjetividade existente durante a aplicação do método.

Esse estudo apresentou resultados parciais de uma dissertação de mestrado, visando promover uma contribuição para os usuários de FMEA de Processo, ressaltando os pontos deficitários envolvidos no procedimento de preenchimento do

FMEA. Ao término deste estudo, pretende-se publicar, posteriormente, sugestões de melhoria e a definição de parâmetros para o preenchimento da planilha, que venham a contribuir com a redução do nível de subjetividade do método.

ABSTRACT

Many characteristics that define success or failure of products are associated with the design stage. Decisions taken in the product design stage affect directly the quality, cost, and performance. In the design phase, one of the most accepted techniques to improve product reliability is the FMEA that support a preventive analysis of the potential fails causes. In this context, the study presents some criteria to minimize divergences of opinion during the FMEA process development among an automotive industry and its suppliers during their stamping process planning. The automotive industry is the main focus of this study considering its favorable conditions to supply data from itself and its suppliers. Through the analysis of questionnaires results, applied to its main suppliers, a critical analysis was carried through considering the data collected. The results present seven influence factors in the FMEA method application: knowledge, failure historic, team work, commitment supplier-automotive industry, method development time, method familiarity, and control.

Keywords: Process Development. *FMEA*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

CICCO, F. Análise de Confiabilidade e Riscos de Processos. **Revista BQ-Qualidade**. São Paulo, SP: Editora Banas, p. 23-26, jun. 1996.

CROSBY, Philip. **A vida, a obra e a filosofia de Philip Crosby**. São Paulo: José Olympio, 1997.

CONSULTORES DE ENGENHARIA DE VALOR - CEV, 2000. **Análise crítica sobre a ferramenta FMEA**. Disponível em: http://www.cev.pt/info-tecnica/GestaoValor/proveito_fmea.htm.>. Acesso em: 15 mar. 2005.

FERREIRA, H. S. R.; TOLEDO, J. C. **Metodologias e Ferramentas de Suporte a Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produto na Indústria Brasileira de**

Autopeças. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2001. **Anais.** Florianópolis: UFSC, 2001. 1 CD-ROM.

INSTITUTO DE QUALIDADE AUTOMOTIVA - IQA –. **Manuais QS9000:** análise Modo e Efeitos de Falha Potencial: 2. ed. São Paulo: IQA, 2002.

IQA – INSTITUTO DE QUALIDADE AUTOMOTIVA. **QS9000:** Requisitos do Sistema de Qualidade. 3. ed. São Paulo: IQA, 1998.

JURAN, J. M. **A Qualidade desde o Projeto.** São Paulo: Livraria Pioneira, 1997.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark - Petrobrás, 2001.

MARTINS, P. G. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva, 2001.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance.** New York: Industrial Press, 1997.

MOORE, R. Combining TPM and reliability-focused maintenance. **Plant Engineering**, v. 51, n. 6. Chicago: Reed Business Information, 1997.

NOGUEIRA, M. A.; TOLEDO, J. C. Uma Abordagem para o uso do FMEA. **Banas Qualidade.** Ano VIII, n. 90, p. 62, São Paulo: EPSE, 1999.

OLIVEIRA, C. B. M.; ROZENFELD, H. **Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP.** In: 17º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gramado, 1997. **Anais.** Porto Alegre: UFRGS, 1997. 1 CD-ROM.

PALADY, Paul. FMEA: **Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Prevendo e Prevenindo Problemas antes que ocorram.** São Paulo: IMAM, 1997.

SILVA, C. E. S.; TIN, J. V.; OLIVEIRA, V. C. **Uma Análise da Aplicação da FMEA nas Normas de: Sistema de Gestão pela Qualidade (ISO9000 e QS9000), Sistema de Gestão Ambiental (ISO14000) e Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (BS8800 – futura ISO18000).** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 1997, Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre> UFRGS, 1997. 1 CD-ROM.

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

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA** from theory to execution. Wisconsin: ASQC, 1995.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

CONTACTOS

Richard Posso

e-mail: rposso@pop.com.br

End: R. Gastão de Abreu Pires, 814 – Bairro Campo Comprido – Curitiba – PR

Tel: 41 3279 1682

Carla Estorilio

e-mail: carlaegc@hotmail.com / amodio@utfpr.edu.br

End: Av. Sete de Setembro, 3165 – Bairro Rebouças – Curitiba – PR

Tel: 41 3310 4884 / 9633 0564