

Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo

Priscila Ferreira de Araujo Lima (UFRGS) pri3112@yahoo.com
Luis Antonio dos Santos Franz (UFRGS) franz@producao.ufrgs.br
Fernando Gonçalves Amaral (UFRGS) amaral@producao.ufrgs.br

RESUMO

A utilização de recursos que permitam organizar o processo produtivo e ter agilidade no momento de atender às exigências dos clientes é fator crítico para que as empresas se mantenham competitivas. Recursos como o FTA (Análise da Árvore de Falhas) e o FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas) são exemplos de ferramentas que podem auxiliar neste sentido, embora seu uso integrado ainda seja pouco explorado em grande parte das organizações. Este trabalho propõe uma abordagem para a utilização integrada do FTA e do FMEA em uma empresa do setor automotivo, bem como investiga os aspectos do primeiro método que poderiam contribuir para a melhoria na aplicação do segundo. Para tanto, realizou-se a aplicação do FTA integrando-o a planilhas de FMEA. As conclusões indicam que a associação com o FTA permite investigar as causas com maior qualidade e obter prioridades de forma mais precisa.

Palavras chave: FMEA; FTA; Setor Automotivo.

1. INTRODUÇÃO

Já é prática comum na indústria automobilística, que as montadoras exijam de seus fornecedores o uso do FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*, que se traduz por Análise de Modos e Efeitos de Falhas) como um dos meios de garantia da qualidade dos produtos negociados. Segundo Helman e Andery (1995), esta ferramenta auxilia na identificação dos possíveis modos potenciais de falha e ainda determina o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo) mediante um raciocínio basicamente dedutivo.

Devido a essa característica qualitativa, os resultados obtidos podem não propiciar segurança à equipe que o elabora quanto à real probabilidade de riscos de falha nos produtos e processos. O método FMEA utiliza-se de planilhas que são normalmente preenchidas por empirismo, a partir da experiência dos responsáveis e, às vezes, sem qualquer embasamento estatístico, o que pode implicar em uma tomada de decisão baseada em dados distorcidos. Em tais planilhas itens críticos são priorizados levando-se em conta um índice denominado Número de Prioridade de Risco (NPR).

Para atribuir uma maior confiabilidade ao NPR, um método quantitativo de análise de falhas poderia ser empregado. O FTA (*Fault Tree Analysis*, que se traduz por Análise da Árvore de Falhas), por exemplo, poderia contribuir neste sentido, visto que, segundo Helman e Andery (1995), ele facilita a identificação de falhas nos sistemas ao estabelecer de maneira lógica o encadeamento de falhas e, ao combiná-las com informações probabilísticas, leva ao grau de criticidade das diferentes falhas. Assim, o seu uso integrado com o FMEA pode trazer resultados mais efetivos. Ao fazer o uso integrado das planilhas de FMEA com o FTA, a empresa pode passar a ter uma análise quantitativa dos valores que, até então, eram atribuídos pela equipe apenas por empirismo. Um estudo neste sentido poderia contribuir para o aperfeiçoamento das práticas atuais voltadas para a melhoria contínua dos produtos e processos das empresas.

Considerando tal contexto, este trabalho propõe uma abordagem para a utilização integrada do FTA e do FMEA em uma empresa do setor automotivo, bem como investiga os

aspectos do FTA que poderiam contribuir para a melhoria na aplicação do FMEA. Através dessa abordagem, espera-se que a empresa em estudo possa elaborar os FMEAs com índices mais precisos, tendo maior agilidade no momento de atender às demandas do mercado.

2. A INTEGRAÇÃO FMEA E FTA

2.1 FMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falhas)

Os fornecedores da indústria automotiva estão constantemente sujeitos a exigências rígidas nos parâmetros de qualidade e confiabilidade de seus produtos. O padrão de confiabilidade é essencial, devido à alta competitividade no setor, e pode ser estudado utilizando o FMEA. Este consiste em uma técnica analítica utilizada com a finalidade de assegurar que, dentro do possível, os modos potenciais de falha de um produto ou de um processo e suas causas e mecanismos associados possam ser considerados e tratados (IQA, 1995). Ele também funciona como uma ferramenta de gerenciamento de risco com enfoque preventivo, que auxilia na identificação de problemas potenciais, de suas causas e de seus efeitos através da elaboração de planilhas.

Para elaborar as planilhas de FMEA, deve-se reunir uma equipe multidisciplinar, a qual busca responder às seguintes questões: Que tipos de falha são observados? Que partes do sistema são afetadas? Quais são os efeitos de falha sobre o sistema? Qual é a importância da falha? E como preveni-la? Para Dias (2002) é recomendável conhecer todos os itens do sistema, o ambiente de operação e a função de cada item no sistema, de forma a identificar os possíveis modos de falha e seus mecanismos. Respondidas as questões, a equipe deverá atribuir índices de avaliação para a severidade de cada efeito de falha, para a probabilidade de ocorrência e para a probabilidade de detecção de cada causa/modo de falha. Por convenção, quanto maior o valor, pior é a situação.

Outro fator a ser calculado é o NPR, que é obtido pela multiplicação dos valores de severidade, criticidade e detecção. Conforme a norma QS9000 (IQA, 1995), de um modo geral, deveria ser dada atenção especial quando a severidade é alta, independentemente do NPR resultante. Por isso, as empresas optam por tomar ações corretivas imediatas para os itens com índices altos, ou seja, cada empresa estabelece seus critérios de determinação de características críticas que demandam uma ação mais imediata.

Uma vez completado seu preenchimento, a planilha de FMEA (Figura 1) acaba sendo uma referência para análise de outros produtos ou processos similares, já que o desenvolvimento é formalmente documentado. Segundo Helman e Andery (1995), essa documentação dos FMEAs em forma de planilhas padroniza os procedimentos de realização das análises e gera, inclusive, um registro histórico de análise de falhas.

Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA de Produto)																			
FMEA:			Responsável:				Contato:												
Data do FMEA (original):			Data Chave:				Última Revisão:												
Equipe:																			
Função	Modo de Falha	Efeito da Falha	S E R I T	Causa	O C O	S O	Controles Preventivos	Controles Detectivos	D E T	N P R	Ações recomendadas	Responsável	Data	Resultados das Ações					
														Ações Tomadas	S E V	O C O	D E T	N P R	

Figura 1: Formato típico de uma planilha de FMEA para produto

O FMEA é, portanto, um método padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa, permitindo selecionar e priorizar projetos de melhoria que deverão ser realizados (STAMATIS, 1995). O FMEA, por ter um caráter

basicamente qualitativo, pode apresentar algumas falhas no que se refere à determinação exata do NPR, o que pode levar à perda na confiabilidade dos resultados obtidos. Assim, uma outra ferramenta quantitativa, como, por exemplo, o FTA, poderia contribuir para a obtenção de dados estatísticos mais precisos, permitindo melhor avaliar a eficácia dos valores de NPR.

2.2. FTA (Análise da Árvore de Falhas)

O FTA permite mostrar o encadeamento de diferentes eventos associados a uma determinada falha ou “evento de topo”, o qual, segundo Helman e Andery (1995), consiste em um estado do sistema considerado anormal. Este é desdobrado em uma árvore lógica, mostrando as causas de eventos subsequentes através do uso de portas lógicas e “ramificações”, resultando na árvore de falhas. Scapin (1999) afirma que algumas dessas causas e eventos somente conseguem ser identificadas através do FTA. Com a análise da árvore é possível identificar os itens que necessitam ter um alto nível de confiabilidade e as causas possíveis de falhas antes mesmo que elas ocorram, conseguindo assim atuar de forma preventiva.

Durante a preparação da árvore de falhas, utilizam-se símbolos específicos. Dentre os símbolos necessários na construção da mesma, os mais utilizados são o círculo e o retângulo. O círculo (○) denota um evento de falha básico ou a falha de um componente elementar; e o retângulo (□) aponta um evento de falha que é o resultado de uma combinação lógica de eventos de falha. Quando não há interesse em desdobrar a análise de um item atribui-se a esse um losango (◇). Caso se deseje fazer apenas a análise qualitativa e deixar de lado a quantitativa, não há problema. Neste caso, Helman e Andery (1995), sugerem que a determinação qualitativa da probabilidade de falha de cada evento básico não invalida a lógica inerente ao método, que permanece contida na determinação da relação funcional entre os eventos que conduzem ao evento de topo.

A preparação da árvore de falhas consiste em um processo determinístico, onde predomina a análise da relação de causa e efeito existente entre os elementos que compõem um produto ou um processo. Assim, sua elaboração passará sempre pela definição daquilo que se pretende analisar, pelo processo de análise e pela obtenção dos resultados obtidos. Nesse entorno é possível então propor metodologias com maior ou menor grau de detalhamento. De acordo com Helman e Andery (1995), por exemplo, a seqüência de procedimentos para o FTA é definida conforme sintetizado na Quadro 1.

Quadro 1: Método de FTA proposto por Helman e Andery (1995)

Etapas	Descrição das etapas
1. Definir a equipe responsável	a equipe deve ser multifuncional
2. Selecionar o “evento de topo”	onde o evento de topo é a falha do sistema que é motivo de estudo
3. Coletar dados	coletar as informações que serão analisadas
4. Definir quais são as interfaces ou fronteiras do sistema	definir os eventos ou situações básicas cuja análise não se considera necessária aprofundar
5. Analisar detalhadamente o sistema	aprofundar a análise detalhada do sistema, buscando compreender suas características e suas inter-relações
6. Montar preliminarmente a árvore de falhas	elaboração de um esboço da árvore de falhas
7. Revisar a árvore de falhas	revisão e elaboração definitiva da árvore de falhas
8. Calcular a probabilidade do evento de topo	o cálculo é feito com o uso de axiomas matemáticos específicos para relações lógicas
9. Analisar as recomendações	elaborar um plano de ação e analisar se ele está visando ao bloqueio das causas básicas
10. Refletir sobre o processo	verificar se ainda é necessário elaborar outros planos de ação

Estas mesmas etapas podem se diferenciar ligeiramente, em função do autor ou do caso estudado. Contudo, em todos os estudos considerados neste trabalho (HELMAN; ANDERY, 1995; SCAPIN, 1999; ARAÚJO *et al.*, 2000; MORELLO, 2005), os princípios que regem a utilização do FTA não mudam expressivamente.

De uma forma geral, os métodos propostos para a utilização do FTA se concentram na construção da árvore de falhas propriamente dita. Observa-se que nenhum dos autores supra citados se refere a questões mais amplas da implantação do FTA enquanto método. Questões como a preparação do ambiente de trabalho e levantamento e análise dos dados existentes na empresa que utilizará o FTA, não são abordados. Porém, as mesmas devem ser consideradas para que a implantação do FTA ocorra da melhor forma possível.

No método proposto por Araújo *et al.* (2000) e Morello (2005), por exemplo, percebe-se uma certa simplificação do método inicialmente proposto por Helman e Andery (1995). Esse aspecto possibilita uma melhor compreensão dos passos do FTA por parte dos funcionários, levando, conseqüentemente, a uma melhor disseminação do recurso pela empresa. Em contrapartida, a simplificação excessiva do método pode levar a um risco de erros durante a sua aplicação como, por exemplo, o descuido para a importância da formação de uma equipe multifuncional que trabalhará na construção da árvore de falhas.

Aspectos como preparação do ambiente de trabalho, organização de documentos históricos e levantamento de dados também não são enfatizados pelos métodos propostos. Helman e Andery (1995) e Scapin (1999) atentam para a integração do FTA com outros recursos como o FMEA, o Controle Estatístico de Processos (CEP) ou o Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

2.3. FMEA e FTA

O uso integrado do FMEA e FTA já foi abordado na literatura por diversos autores podendo se destacar as obras de Helman e Andery (1995), Scapin (1999) e Stamatis (1995). Contudo, o uso integrado destas ferramentas comumente não é discutido em profundidade, principalmente no que se refere às etapas preliminares de sua utilização e ao uso do FTA como recurso de melhoria para o nível de confiabilidade FMEA.

De acordo com Rotondaro, Araújo e Aquino (2001), o FMEA é provavelmente a ferramenta de análise de confiabilidade de projeto mais difundida e empregada no meio automotivo. Junto com o FTA, essa é a única técnica de confiabilidade citada textualmente nas normas ISO 9000 e em particular na ISO 9004, subitem 8.4 – Qualificação e Validação de Projeto.

Segundo Scapin (1999), a relação FMEA/FTA é bilateral e complementar, ou seja, o uso do FTA traz informações para o FMEA que facilitam a elaboração do mesmo. A prática do FMEA, por conseguinte, possibilita a revisão da árvore de falhas fazendo com que, neste caso, o FTA seja utilizado como uma ferramenta de melhoria do FMEA ao dar à empresa um maior nível de certeza quanto à criticidade dos modos de falha.. O mesmo autor afirma ainda, que a árvore de falhas permite um maior desdobramento das falhas primárias em secundárias, o que não é possível no FMEA.

Ainda, um dos resultados do FTA consiste na determinação das causas fundamentais das falhas, também denominadas eventos básicos. Cada um desses eventos básicos pode ser revisado e até incrementado através da observação cuidadosa das planilhas de FMEA. Fica mais claro, visualizando o FTA, perceber causas que normalmente no FMEA não seriam vislumbradas (HELMAN; ANDERY, 1995; SCAPIN, 1999).

Enfim, o uso conjunto das duas ferramentas resulta, nas palavras de Helman e Andery (1995), em um efeito sinérgico. Para eles, ambos os recursos beneficiam-se mutuamente, quando da sua utilização conjunta, e a maneira mais adequada de utilizar estas ferramentas dependerá da prática e da realidade de cada organização.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A empresa escolhida como objeto de estudo no presente trabalho consiste em uma multinacional do ramo automotivo. Dentre os produtos produzidos pela empresa encontra-se o cardan, apresentado na Figura 2 de forma simplificada com suas partes mais importantes. O cardan foi escolhido por concentrar a totalidade dos modos de falha cujo valor do NPR é considerado crítico. Além disso, o cardan engloba em sua estrutura física outros subitens, os quais são analisados em outras planilhas de FMEA. A empresa se caracteriza por ser de grande porte e possuindo ainda, a certificação pela norma QS 9000. A divisão utiliza planilhas de FMEA e tem como uma de suas principais metas o “zero defeito”, o qual é calculado em partes por milhão (ppm).

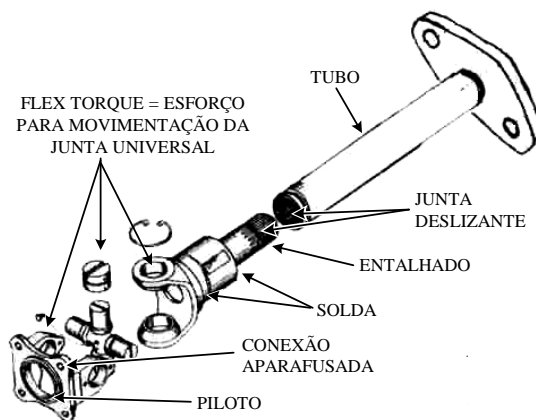


Figura 2: Partes típicas de um cardan

Os procedimentos metodológicos foram estruturados em 3 etapas de acordo com a Figura 3.

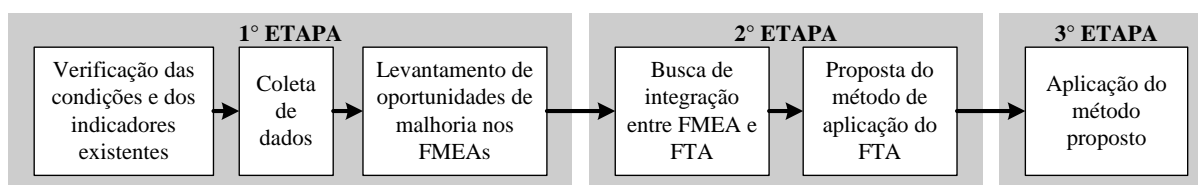


Figura 3: Fluxograma do método de pesquisa

A primeira etapa consistiu da verificação das condições e dos indicadores existentes, na coleta de dados relativos aos FMEAs, através do levantamento das planilhas utilizadas pela empresa, e no levantamento de oportunidades de melhoria dos FMEAs existentes.

Na segunda, buscou-se evidenciar as possibilidades de integração entre FMEA e FTA, culminando com a elaboração de uma proposta de abordagem conjunta para aplicação e implementação. Esta obedeceu aos seguintes passos:

- a) **sensibilização dos funcionários para utilização do FTA:** para iniciar a implantação do FTA, deve-se mostrar aos funcionários a importância e a utilidade do seu uso para motivá-los a fazer parte da equipe elaboradora do FTA. Os interessados passarão a fazer parte da

equipe de FTA da empresa. Deve-se exigir que a equipe de funcionários tenha uma composição multifuncional;

- b) **realização de treinamentos:** os funcionários que se mostrarem interessados pelo FTA devem participar de treinamentos para compreender o funcionamento do mesmo e saberem como utilizá-lo adequadamente;
- c) **levantamento das demandas do FMEA da empresa:** a equipe deverá considerar os problemas do FMEA levantados anteriormente na empresa. Como o número de itens que compõem um FMEA apresenta-se normalmente em grande número, aconselha-se que sejam tomados os itens com NPR mais críticos e, na seqüência, sejam realizadas inicialmente as árvores de falhas para estes itens;
- d) **realização dos FTAs pilotos:** os modos de falha do componente em estudo no FMEA serão o evento de topo da árvore de falhas do FTA. A partir do evento de topo, a equipe buscará causas que podem ocorrer e resultar no problema apontado pelo FTA (evento de topo). Deve ser identificado também o encadeamento das causas subseqüentes até que se chegue às causas-raiz, cujas probabilidades de ocorrência serão determinadas pela equipe, obtendo-se assim a probabilidade de ocorrência do evento de topo. Preferencialmente, a causa-raiz deverá ser passível de monitoramento e controle no processo produtivo;
- e) **interpretação dos resultados:** a probabilidade de ocorrência do evento de topo será analisada pela equipe. Se a mesma for alta, a equipe precisará tomar ações que impeçam ou, pelo menos, diminuam a probabilidade de ocorrência de determinadas causas apontadas pelo FTA. A interpretação deve permitir ainda que sejam traçados comparativos com os dados existentes nas planilhas de FMEA evitando anomalias no mesmo.
- f) **construção do FTA para os demais produtos:** feita a análise do FTA piloto, supõe-se que a equipe esteja preparada para aplicar o FTA em todas as planilhas de FMEA da empresa.

Na terceira e última etapa dos procedimentos metodológicos, foi realizada a aplicação complementar do FTA em um dos produtos produzidos na empresa. Os dados estatísticos utilizados na simulação foram obtidos junto à empresa e a árvore de falhas foi conferida junto ao gerente da unidade onde são produzidos os cardans.

4. RESULTADOS

4.1 Apreciação Inicial

Inicialmente foi feita a coleta de dados, o que consistiu basicamente no levantamento das planilhas dos FMEAs do setor em estudo, onde foi obtido um total de 12 planilhas. No local abordado, as planilhas haviam sido elaboradas por funcionários de um único setor da empresa. Isto não está de acordo com uma das premissas de elaboração do FMEA, em que se considera que o mesmo deve ser preparado por uma equipe multifuncional. Tal fato pode gerar valores distorcidos nas planilhas de FMEA. Todas as planilhas foram lidas minuciosamente e os três modos de falha com maior valor de NPR de cada planilha foram selecionados, totalizando 36 itens.

O índice de NPR é avaliado por ser um dos que mais preocupa a equipe que trabalha com as planilhas de FMEA na empresa, uma vez que os valores obtidos para o mesmo nem sempre são estipulados da melhor maneira possível. A equipe da empresa determinou que os modos de falha com NPR maior que 96 apresentam um valor que já pode ser considerado alto e, conseqüentemente, crítico. Portanto, modos de falha com NPR maior que 96 deveriam sofrer ações imediatas para diminuir esse valor. A partir disso, ordenou-se os valores de NPR selecionados e, relacionando o valor diretamente ao FMEA ao qual ele pertence, originou-se o gráfico de Pareto apresentado na Figura 4.

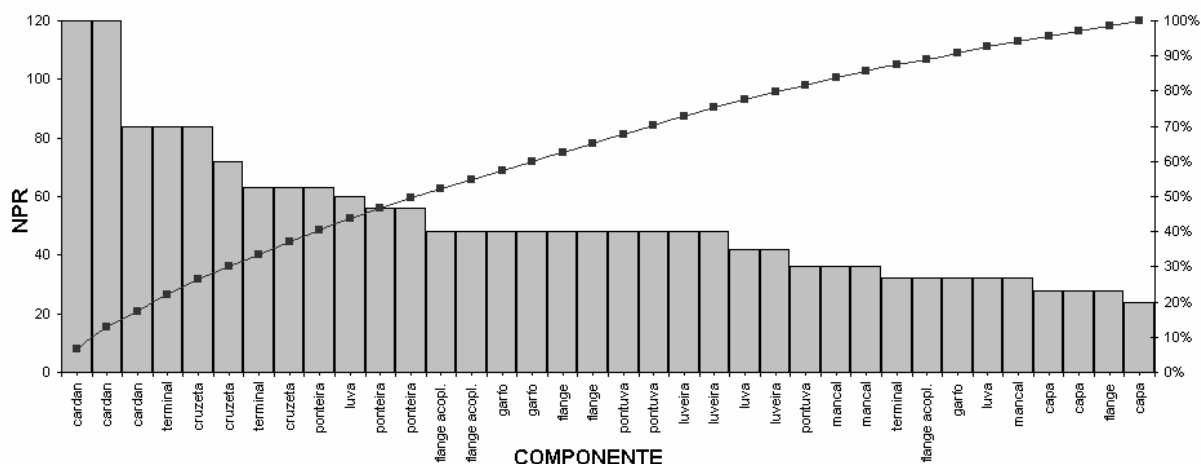


Figura 4: Gráfico de Pareto com os 3 maiores NPR de cada FMEA

Segundo o princípio de Pareto, o gráfico apresenta 24 modos de falha como sendo os mais críticos. No entanto, apenas 2 destes apresentam pontuação maior que 96, valor que é considerado crítico pela equipe da empresa. Ambos os modos de falha encontram-se na planilha do cardan. Além disso, o cardan é o produto-chave da empresa, pois todos os outros produtos são apenas componentes do mesmo. Isso torna o FMEA de cardan o mais importante de todos. Os dois modos de falha, cujo NPR é maior que 96 (ambos têm valor 120) são: (1) geração de ruído e vibração e (2) não transmite torque.

O passo seguinte consistiu na identificação das possíveis oportunidades de melhorias na elaboração das planilhas do FMEA. Através de participação em reuniões de elaboração das mesmas, concluiu-se que na empresa não é possível saber com precisão se o valor encontrado pela equipe elaboradora do FMEA corresponde à realidade. Dentre as oportunidades observadas nas reuniões, observou-se que a equipe responsável pelo preenchimento das planilhas não era multifuncional, o que pode ter provocado distorção nos valores atribuídos. Também, a análise é totalmente qualitativa, baseada pura e simplesmente no empirismo da equipe sem qualquer dado concreto de ocorrência de falhas e probabilidade de detecção das mesmas. Outros problemas podem decorrer do fato de que alguns dados são copiados diretamente de outras planilhas de FMEA existentes na matriz da empresa, considerando que os processos das duas unidades nunca serão exatamente iguais. Tais problemas podem levar a uma elaboração do FMEA que remeta a uma idéia distorcida da realidade, levando a empresa ao risco de obter valores de NPR incorretos e, assim, tomar decisões equivocadas.

Na segunda etapa, ao avaliar a possibilidade de integração das ferramentas, percebeu-se que os aspectos apresentados pela teoria se confirmaram, principalmente no que se refere à aplicação do FTA como recurso para atribuir um caráter mais quantitativo ao FMEA.

Verificou-se ainda que a preparação de diagramas de FTA se torna relativamente trabalhosa, dado o nível de complexidade que os mesmos podem assumir. Durante o processo de construção, os desenhos do diagrama também são constantemente alterados até que se chegue a uma árvore de falhas ótima. Isso acaba tornando o uso da árvore de falhas um tanto incômodo para as equipes de trabalho. Um meio achado para contornar tal problema foi utilizar planilhas de *softwares* específicos como, por exemplo, o Microsoft Excel ou similar. Tais programas provêm uma interface gráfica mais amigável e são mais práticos no momento de manusear os dados. No presente trabalho foi proposta a utilização deste recurso para preparar a árvore de falhas.

4.2 Aplicação do FTA

Para verificar a abordagem proposta, aplicou-se o FTA aos itens da planilha do cardan. Nem todos os passos metodológicos foram seguidos plenamente devido ao prazo exíguo. Contudo, verificou-se na empresa a pré-disposição do setor estudado em realizar a sensibilização e treinamento. Para determinar as causas, as quais deveriam ser apontadas pela equipe multifuncional, foi consultado um profissional da empresa com conhecimento profundo do produto e do processo produtivo. Em seguida, este foi solicitado a responder o encadeamento das causas de falha, até chegar-se nas causas-raiz.

O FTA foi aplicado em 2 funções do FMEA de cardan, onde os modos de falha com NPR críticos passaram a ser o evento de topo. Observou-se que cada evento pode ser ocasionado por mais de uma causa, mas apenas uma dessas teve todas as causas subsequentes determinadas para simular o FTA. Os 2 modos de falha selecionados (1 em cada planilha) foram escolhidos baseando-se nas informações contidas no FMEA, que os apontava como os de ocorrência mais provável.

Quanto à probabilidade de ocorrência das causas-raiz, a empresa informou não possuir dados precisos. Foram somente informadas as causas que ocorrem em função de aspectos mais amplos como qualificação, sistema e metodologia de trabalho, incentivo e qualidade de treinamento, que possuem menor probabilidade de ocorrência, pois supõe-se que quem faz o produto conhece o assunto. Já as causas dependentes de fatores humanos e individuais, mais subjetivas, normalmente representam o maior percentual de causas dos erros/falhas.

Determinadas as probabilidades das causas e atribuídas as portas-lógicas às árvores de falhas, chegou-se ao resultado final dos FTAs: a probabilidade de ocorrência do evento de topo de cada um deles. Exemplos das árvores de falha obtidas na simulação são apresentados na Figura 5 e na Figura 6. As figuras apresentam os valores de probabilidade de ocorrência propositalmente alterados, visando preservar informações internas da empresa.

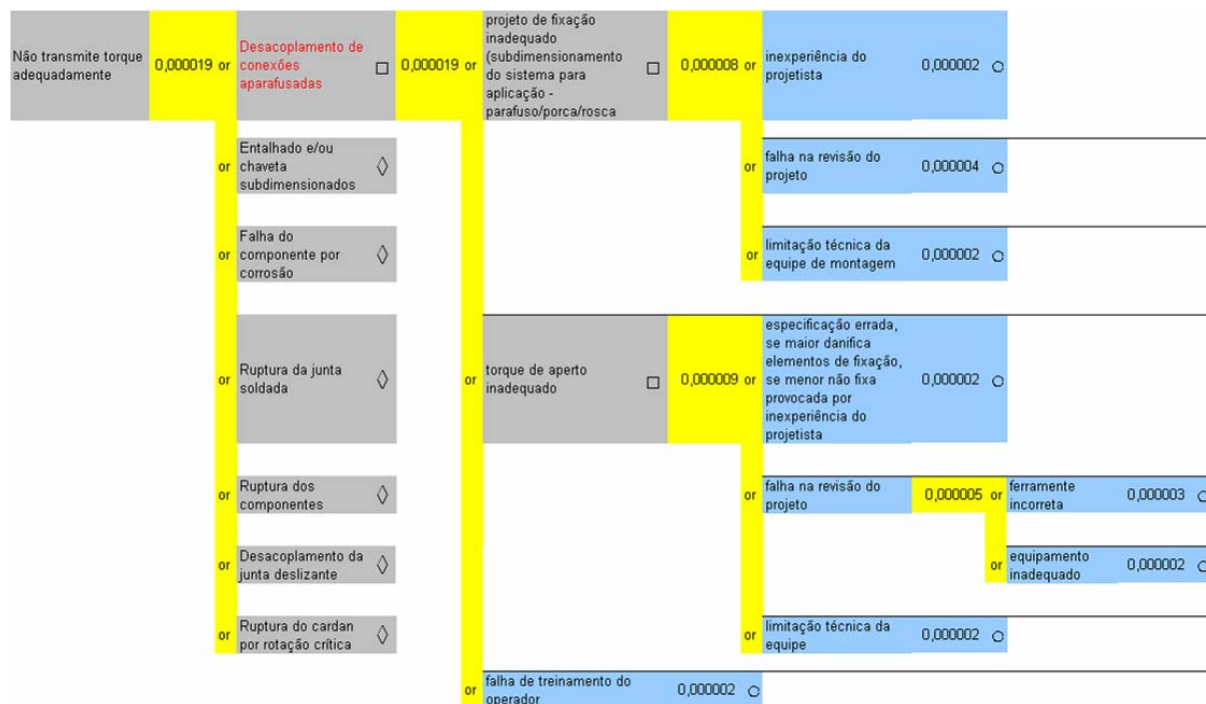


Figura 5: Árvore de Falhas para o evento de topo “Não transmitir torque adequadamente”

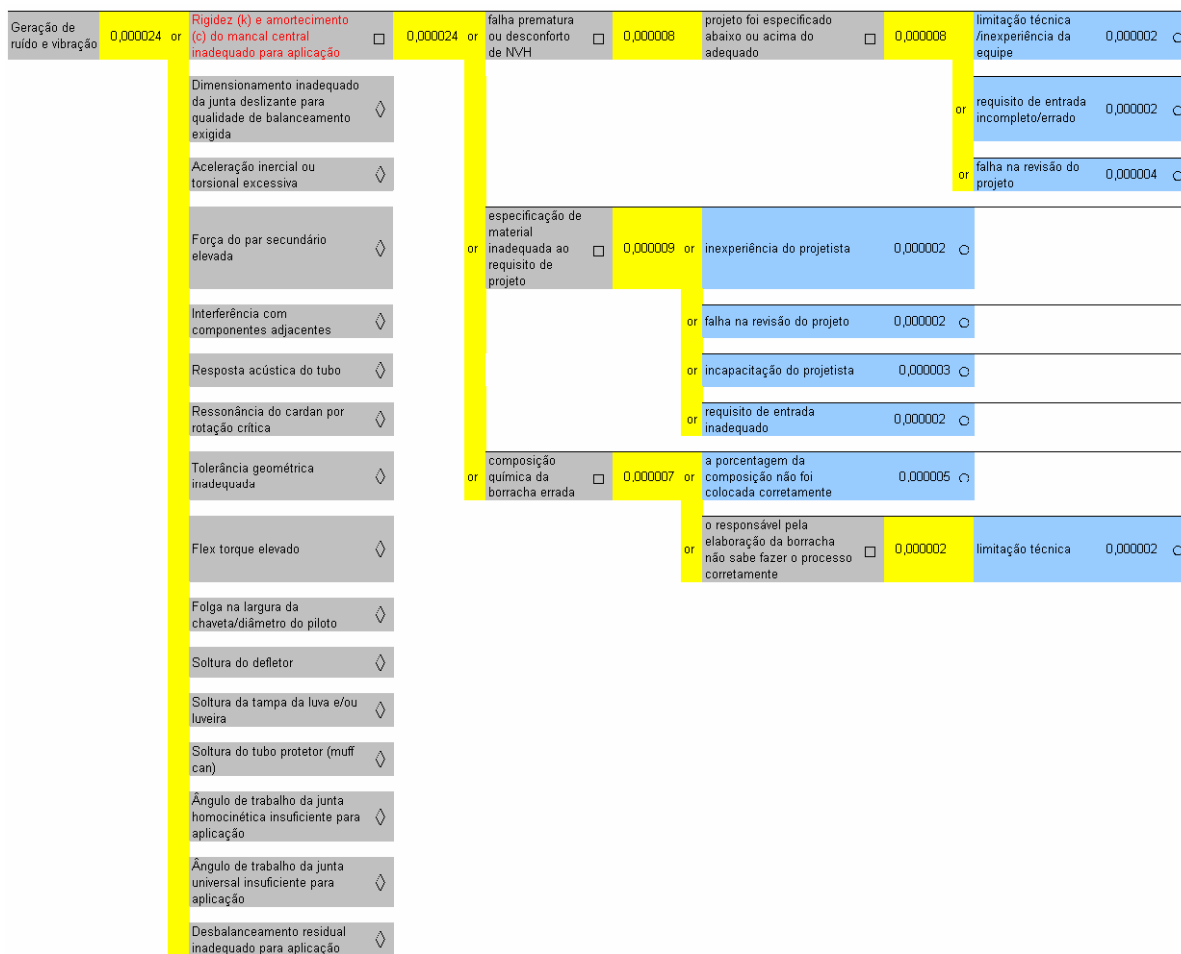


Figura 6: Árvore de Falhas para o evento de topo “Geração de ruído e vibração”

A Figura 5 apresenta a árvore de falhas completa para um ramo do FTA piloto com o evento de topo “Não transmitir torque adequadamente”. O FTA apontou que ocorrem 19 ppm, ou seja, em cada 1 milhão de cardans fabricados, provavelmente 19 não transmitirão torque adequadamente. Dentro da política da empresa de “Zero Defeito”, pode-se dizer que este valor não está atingindo a meta. No entanto, é um valor considerado baixo e, por enquanto, é até aceitável por parte da empresa. Portanto, considera-se que a equipe não precisa preocupar-se imediatamente com a correção das causas relacionadas a este modo de falha.

O outro FTA montado (Figura 6) tem como evento de topo o modo de falha: “Geração de Ruído e Vibração”. O FTA aponta que há 24 ppm, o que significa que 24 em cada 1 milhão de cardans, provavelmente gerarão ruído e vibração ao serem utilizados pelos clientes.

Os valores de 19 ppm e 24 ppm, embora próximos de uma situação ótima de qualidade no produto, mostram ainda a necessidade de ações visando à melhoria contínua.

As planilhas de FMEA, por sua vez, apontavam que os eventos de topo eram igualmente críticos. Através do FTA, pôde-se verificar que os modos de falha devem ser tratados de forma distinta, podendo inclusive serem priorizados, o que antes não seria possível a partir da utilização do FMEA.

5. CONCLUSÃO

O artigo apresentou um método para a utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo. Foi feita uma aplicação deste método no

FMEA do principal produto da empresa (cardan).

Percebe-se que o FTA enriquece a análise feita pelo FMEA ao alterar alguns resultados através da atribuição de valores mais precisos. Com isso os resultados utilizados no FMEA podem deixar de ter um caráter qualitativo assumindo valores palpáveis e determinados. Além disso, eventuais discrepâncias entre os índices obtidos pelas duas ferramentas dão indícios precisos de atribuições equivocadas, permitindo assim a discussão e a correção destes.

A empresa poderia adotar o FTA na análise de seus produtos. A análise quantitativa que se faz através dele complementa a análise qualitativa do FMEA. A integração entre essas duas ferramentas da qualidade dá mais embasamento às análises de falha da empresa, fazendo com que esta tenha menos incertezas com relação à priorização das ações de melhoria que devem ser implementadas, o que foi comprovado através da simulação do FTA.

Em estudos futuros, sugere-se verificar se o FTA pode também contribuir para a obtenção de índices de ocorrências de falha. Neste caso, indica-se a realização de pesquisas específicas para examinar sua exequibilidade e vantagens de aplicação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. O. C.; GRILO, L. M.; SOUZA, U. E. L.; MELHADO, S. B. **O Microplanejamento do Serviço de Concretagem**: Análise e aplicabilidade das ferramentas da qualidade. In: Anais do II SIBRAGEC. Fortaleza - 2000.

DIAS, A. **Projeto para a confiabilidade aplicado ao processo de implantação de uma rede de gás**: Revista brasileira de gestão e desenvolvimento de produto. n.2, março 2002. Disponível em <<http://www.ctc.ufsc.br/produto/Produto2/artigos2pt/artigo4/artigo4.htm>>. Acesso em 01 de maio de 2006.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas**: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed., 1995.

IQA – Instituto de qualidade automotiva - QS 9000: Manual de FMEA - Análise de Modo e Efeitos de Falha potencial. São Paulo, 2ª edição, 1995.

MORELLO, M. G. **Redução da árvore de falha baseada no grau de criticidade**: aplicação em transmissão de veículo comercial. Dissertação de Mestrado: Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP. Campinas, 2005.

ROTONDARO, R. G.; ARAÚJO, L. O. C.; AQUINO, J. R. **Análise e aplicabilidade das ferramentas da qualidade no serviço de fôrmas como auxílio ao planejamento para a produção**. In: XXI ENEGEP, 2001. Anais. Salvador, BA.

SCAPIN, C. A. **Análise sistêmica de falhas**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1 ed., 1999.

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