



## APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Cristiano Roos<sup>1</sup>, Letícia Diesel<sup>2</sup>, Jorge André Ribas Moraes<sup>\*2</sup>, Leandro Cantorski da Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC - RS

<sup>2</sup> Professores do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC - RS

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - RS

E-mail, [jorge@unisc.br](mailto:jorge@unisc.br)

### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em que se implantou a ferramenta *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) em uma empresa atuante no segmento de transporte terrestre e aéreo de passageiros e cargas. O objetivo deste estudo de caso foi determinar, com a ferramenta FMEA, ações que minimizem ou eliminem modos de falha em potencial em um dos desdobramentos de serviços prestados pela empresa. O ponto específico onde se implantou a ferramenta foi na gestão dos pneus dos veículos de transporte terrestre de passageiros, pois falhas relacionadas a este componente aumentam os custos de manutenção da empresa e tendem a gerar insatisfações aos clientes. Também foram utilizadas, incorporadas à ferramenta FMEA, outras ferramentas da qualidade como o *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa e Gráfico de Pareto. Os resultados do trabalho foram alcançados ao se determinar ações que trazem consigo o objetivo principal deste estudo, isto é, o aumento de confiabilidade e qualidade do serviço prestado. Deste modo, a realização do presente estudo de caso proporcionou um maior entendimento acerca da temática proposta, além de mostrar a importância da gestão da qualidade nos dias atuais e frente as crescentes exigências dos clientes.

**Palavras-chave:** Gestão da qualidade. ferramentas da qualidade. FMEA.

### 1 Introdução

As organizações brasileiras apresentam atualmente uma corrida em busca da qualidade, realidade esta justificada pela vantagem competitiva que ela proporciona frente as crescentes exigências dos clientes pelo reconhecimento da qualidade. Eckes [1] afirma que “apesar do enfoque em formas inovadoras de criar produtos e prestar serviços, uma constante permanece: as empresas que oferecem produtos e serviços de melhor qualidade sempre vencem a concorrência”.

Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo de caso em que se implantou a ferramenta *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) numa empresa atuante no segmento de prestação de serviços de transporte terrestre e aéreo de passageiros e cargas, tendo-se como objetivo a busca de melhorias na gestão da qualidade da referida empresa. Conforme dados de janeiro de 2007, a empresa conta com o trabalho de 1080 funcionários e com uma frota composta de 251 ônibus, 16 caminhões, 14 veículos utilitários e 2 aeronaves. Apresenta 366 mil como número médio de passageiros transportados ao mês, 2,12 mil toneladas como número médio de cargas transportadas ao mês, 3,06 milhões como número médio de quilômetros rodados ao mês e 600 horas como tempo médio de vôos ao mês.

#### 1.1 Gestão da Qualidade

Para Brocka e Brocka [2], de um modo simplificado, a gestão da qualidade é definida como sendo: “melhorias sistemáticas e contínuas na qualidade dos produtos, serviços e na vida das pessoas, utilizando todos os recursos humanos e financeiros disponíveis”; “uma metodologia de resolução de problemas e aperfeiçoamento de processos sobre toda a empresa”; e “um sistema de meios para economicamente produzir bens ou serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes”. Já para Paladini [3], a qualidade assume um conceito que envolve múltiplos elementos, com diferentes níveis de importância no decorrer do tempo, tornando assim a definição de gestão da qualidade dinâmica.

#### 1.2 Ferramenta FMEA

O escopo da ferramenta de auxílio à gestão da qualidade denominada FMEA é determinar um conjunto de ações corretivas ou ações que minimizem modos de falha em potencial [4]. Segundo Puente *et al.* [5], a ferramenta FMEA é desenvolvida basicamente em dois grandes estágios. No primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto, processo ou serviço são identificados e relacionados com suas respectivas causas e

efeitos. No segundo estágio, é determinado o nível crítico, isto é, a pontuação de risco destas falhas que posteriormente são colocadas em ordem. As falhas mais críticas serão as primeiras do *ranking*, e serão consideradas prioritárias para a aplicação de ações de melhoria. A determinação do nível crítico dos modos de falha é realizada com base em três índices que são o índice de severidade dos efeitos dos modos de falha, o índice de ocorrência das causas dos modos de falha e o índice de detecção das causas dos modos de falha. Utilizando a metodologia tradicional da ferramenta, a multiplicação destes três índices, que possuem escalas de 1 a 10, vai resultar no *Risk Priority Number* (RPN), que será responsável pelo ranking das falhas [6]. As tabelas 1 a 3 apresentam estes índices.

Tabela 1 – Escala de severidade (Fonte: adaptado de Palady<sup>6</sup>)

Escala de severidade dos efeitos dos modos de falha	Índice de severidade
Efeito não percebido pelo cliente	1
Efeito bastante insignificante, percebido por 25% dos clientes	2
Efeito insignificante, mas percebido por 50% dos clientes	3
Efeito moderado e percebido por 75% dos clientes	4
Efeito consideravelmente crítico, percebido pelo cliente	5
Efeito consideravelmente crítico, que perturba o cliente	6
Efeito crítico, que deixa o cliente um pouco insatisfeito	7
Efeito crítico, que deixa o cliente consideravelmente insatisfeito	8
Efeito crítico, que deixa o cliente totalmente insatisfeito	9
Efeito perigoso, que coloca a vida do cliente em risco	10

Tabela 2 – Escala de ocorrência (Fonte: Palady<sup>6</sup>)

Escala de avaliação de ocorrência das causas e modos de falha	Índice de ocorrência
Extremamente remoto, altamente improvável	1
Remoto, improvável	2
Pequena chance de ocorrência	3
Pequeno número de ocorrências	4
Espera-se um número ocasional de falhas	5
Ocorrência moderada	6
Ocorrência frequente	7
Ocorrência elevada	8
Ocorrência muito elevada	9
Ocorrência certa	10

Tabela 3 – Escala de detecção (Fonte: Palady<sup>6</sup>)

Escala de detecção das causas e modos de falha	Índice de detecção
É quase certo que será detectado	1
Probabilidade muito alta de detecção	2
Alta probabilidade de detecção	3
Chance moderada de detecção	4
Chance média de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Probabilidade remota de detecção	9
Detecção quase impossível	10

A forma de apresentação da ferramenta FMEA é no formato de formulários físicos ou digitais. Nestes formulários reúnem-se todas as informações relevantes da ferramenta para facilitar no seu desenvolvimento, análise e interpretação. Os estudos de Palady [6] demonstram que a ferramenta FMEA “é mais eficaz quando aplicada em um esforço de equipe”. Para ele, quando se reúne o conhecimento coletivo de todos da equipe, se tem um resultado ou retorno significativo de qualidade e confiabilidade. Assim, ainda para o mesmo autor, essa equipe deve ser formada por um grupo de quatro a sete pessoas que compreendam como o projeto, processo ou serviço é projetado, produzido, utilizado e mal utilizado.

## 2 Metodologia

Para a realização deste trabalho realizou-se o estudo de caso com abordagem qualitativa e com complementação de dados quantitativos. Segundo Gil [7], um estudo de caso é caracterizado pelo “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Para Salomon [8], enquanto os dados quantitativos de uma pesquisa são utilizados para descrever uma variável quanto a sua tendência central e sua frequência, os dados qualitativos são basicamente úteis para quem busca entender o contexto onde algum fenômeno ocorre.

## 3 Discussão dos resultados

A implantação da ferramenta FMEA na empresa foi realizada com a colaboração de uma equipe composta de cinco pessoas de diferentes áreas e níveis hierárquicos desta empresa. O tempo empregado para a implantação foi de aproximadamente um semestre, com pelo menos uma reunião semanal. A área específica em que se implantou a ferramenta foi no gerenciamento do uso dos pneus dos veículos de transporte terrestre de passageiros, pois modos de falha relacionados a este componente tendem a gerar insatisfações aos clientes e aumentam os custos de manutenção da empresa.

Assim, iniciou-se a implantação com o planejamento da ferramenta FMEA e suas respectivas definições, como por

exemplo, tempo necessário para as reuniões e recursos financeiros. Na etapa seguinte iniciou-se o preenchimento do formulário, que é o principal meio de apresentação da ferramenta. Os primeiros campos preenchidos no formulário referiram-se as funções dos pneus, modos de falha dos pneus e efeitos dos modos de falha sob a perspectiva do cliente. A tabela 4 apresenta um dos formulários originados a partir do trabalho realizado. No total, foram cinco formulários, cada um com uma função e modos de falha diferentes.

A seguir, preencheu-se o campo do formulário que se refere à severidade dos efeitos dos modos de falha. Para isto, a equipe baseou-se na escala de severidade apresentada na tabela 1. Na etapa seguinte, considerada a mais difícil, identificaram-se as causas dos modos de falha. Utilizou-se um grande número de dados quantitativos e qualitativos, que foram interpretados com o auxílio do Gráfico de Pareto. Conforme Ramos [9] o Gráfico de Pareto “é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática”. Além disto, utilizou-se, como ferramenta de auxílio para identificação das causas, o Diagrama de Ishikawa, que é útil “para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo” [10].

Na seqüência do formulário a equipe quantificou a ocorrência das causas. Para isto, baseou-se na escala de ocorrência apresentada na tabela 2. Com esta etapa concluída, partiu-se para o preenchimento da coluna formas de controle e da coluna detecção. Na coluna “formas de controle” apresentaram-se as maneiras que a empresa possui para detectar as falhas antes que estas atinjam o cliente. Na coluna “detecção” a equipe de aplicação da ferramenta estimou com base na tabela 3 a probabilidade de se detectar as causas e modos de falha antes que também atinjam o cliente.

Dando prosseguimento, interpretou-se a ferramenta FMEA de maneira tradicional, modelo RPN, em que se multiplicaram os índices referentes à severidade, ocorrência e detecção. A equipe estipulou então que seriam determinadas ações corretivas e ações que minimizassem os modos de falha apenas para índices RPN's iguais ou superiores a 120, conforme pode ser visualizado na tabela 4.

A etapa final consistiu na recomendação de ações para minimizar e solucionar os modos de falha em potencial. Nesta etapa, a mais importante, foram obtidos os resultados esperados pela equipe de desenvolvimento da FMEA, pois é a partir destes resultados que se partirá para o efetivo aumento de confiabilidade do sistema. As ações recomendadas, para um dos modos de falha, estão apresentadas na tabela 4.

Os conteúdos dos campos do formulário foram gerados a partir de reuniões onde se utilizou de sessões de *brainstorming*. Werkema [10] afirma que o *brainstorming* é uma ferramenta da qualidade que “tem o objetivo de auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de idéias em um curto período de tempo”.

#### 4 Considerações Finais

A realização deste trabalho proporcionou um maior entendimento acerca da ferramenta FMEA. Os objetivos do trabalho foram todos alcançados ao se determinar ações que refletem os resultados almejados pela empresa no contexto da gestão da qualidade, isto é, o aumento de confiabilidade e qualidade do serviço prestado.

O estudo revelou ainda que a formação da equipe de trabalho para o desenvolvimento da ferramenta FMEA foi marcada pela amplitude de alcance, envolvendo três departamentos da empresa: técnico, qualidade e borracharia. Neste sentido um ponto importante observado após o término da pesquisa foi quanto à percepção dos envolvidos em prevenir, minimizar e eliminar problemas utilizando metodologias, e não apenas o emprego de métodos sem fundamentação científica.

Assim, do ponto de vista empresarial, mais do que o retorno financeiro direto, decorrente da minimização e eliminação de falhas potenciais, a empresa estudada teve como vantagem com a implantação da FMEA, o aumento de confiabilidade do serviço prestado, proporcionando mais segurança e uma maior satisfação do usuário do serviço.

Do ponto de vista da satisfação do ser humano, o trabalho desenvolvido em equipe possibilitou ganhos no campo motivacional e o resgate de valores no sentido da colaboração e comprometimento das pessoas, que, juntas, puderam desenvolver uma atividade em prol do futuro da organização e de si mesmas; fatos estes, que podem refletir sobre o uso de novas práticas para o melhoramento contínuo da qualidade.

---

#### FMEA TOOL APPLYING: CASE STUDY IN A COMPANY OF PASSENGER TRANSPORTATION BUSINESS

**ABSTRACT:** This assignment presents a case study in which a tool Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) was applied in a company on the land/air transportation of passengers and carrier. The objective of this study was to determine, with the tool FMEA, actions that minimize or eliminate potential failure modes in one of the service outcomes attended by the company. The specific point where the tool was applied was the manager of passenger land transportation vehicles, because failures related to this component increase the maintenance expenses of the company and tend to generate client dissatisfaction. Also used, incorporated to the FMEA tool, other quality tools like Brainstorming, Ishikawa Diagram and Pareto Graphic. The results of the assignment were reached after determining actions that bring with itself the main objective of this study, this is, the liability and quality increase of the service given. This way, the achievement of the present case study caused a better understanding about the proposed theme, besides showing the importance of quality manager nowadays and facing the rising demands of the clients.

**Keywords:** Quality manager. quality tools. FMEA.

---

Tabela 4 – Representação de um dos formulários da ferramenta FMEA desenvolvidos referente à função “Não Estourar”

FMEA - Análise de Efeitos e Modos de Falhas									
<b>Descrição:</b> Análise dos pneus dos veículos de transporte de passageiros			<b>Departamento / Nome:</b> Qualidade / Pessoa 1 Técnico / Pessoa 2 Técnico / Pessoa 3 Técnico / Pessoa 4 Borracharia / Pessoa 5		<b>Abreviações:</b> SEV / Severidade OCO / Ocorrência DET / Detecção NRP / n°. Prioritário de risco			<b>Página 1 de 5</b>  <b>Original:</b> setembro de 2006 <b>Modificado:</b> outubro de 2006 <b>Modificação n°:</b> 01 <b>Número do FMEA:</b> 0000002	
Função	Modo de Falha	Efeito	SEV	Causa	OCO	Controle	DET	NRP	Ação Recomendada
Não Estourar	Estourar	Atraso na hora de chegada; Insatisfação do cliente.	6	Arrastes laterais	4	E. V. E Proc.	5	120	Treinamento motorista
			6	Choques transversais	4	E. V. E Proc.	7	168	Treinamento motorista
			6	Aquecimento do bloco do topo	2	E. V. E Proc.	5	60	
			6	Golpes na montagem ou desmontagem	1	E. V. E Proc.	6	36	
			6	Infiltração na zona baixa do pneu, por quebra da borracha do talão	2	E. V. E Proc.	8	96	
			6	Montagem de pneu sem câmara em roda de pneu com câmara	1	E. V. E Proc.	1	6	
			6	Aquecimento por uso excessivo do freio ou freio mal regulado	1	E. V. E Proc.	8	48	
			6	Infiltração por perfuração, reparo ou quebra dos talões na montagem	1	E. V. E Proc.	7	42	
			6	Excesso de peso	1	E. V. E Proc.	3	18	
			6	Impacto em obstáculo	4	E. V. E Proc.	8	192	Treinamento motorista
			6	Perfuração sem reparo	1	E. V. E Proc.	6	36	
			6	Reparo em mau estado	1	E. V. E Proc.	5	30	
			6	Pressões insuficientes	4	E. V. E Proc.	7	168	Treinamento borracharia
			6	Sujeira ou oxidação na roda na região de assentamento do pneu	1	E. V. E Proc.	8	48	
			6	Danos provindos da roda de alumínio	5	E. V. E Proc.	7	210	Empregar rodas de ferro

### Referências

- [1] Eckes, G. *A Revolução Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- [2] Brocka, B.; Brocka, M. S. *Gerenciamento da Qualidade*. Tradução Valdênio Ortiz de Souza. São Paulo: Makron Books, 1994.
- [3] Paladini, E. P. *Gestão da qualidade: teoria e prática*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- [4] Helman, H. *Análise de falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA)*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- [5] Puente, J.; et al. *International Journal of Quality & Reliability Management*, n. 2, v. 19, 2002.
- [6] Palady, P. *FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.
- [7] Gil, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [8] Salamon, D. V. *Como fazer uma monografia*. 10. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- [9] Ramos, A. W. *Controle Estatístico do Processo*. São Paulo: Fundação Carlos Alberto Vanzolini, 1997.
- [10] Werkema, M. C. C. *Ferramentas estáticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.