

## **Análise de efeitos de modos de falhas (FMEA) para micro e pequenas empresas: Proposta de um modelo sob a ótica da gestão do conhecimento**

Rodolfo de Campos (UTFPR) [rodolfo.decampos@live.com](mailto:rodolfo.decampos@live.com)

Prof. Dr. Flávio Trojan (UTFPR) [trojan@utfpr.edu.br](mailto:trojan@utfpr.edu.br)

Prof. Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR) [kovaleski@utfpr.edu.br](mailto:kovaleski@utfpr.edu.br)

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco (UTFPR) [acfrancisco@utfpr.edu.br](mailto:acfrancisco@utfpr.edu.br)

### **Resumo:**

Este documento apresenta um modelo para implementação da análise de efeitos de modos de falhas (FMEA) em uma micro ou pequena empresa. Para tanto, o artigo aborda revisões bibliográficas sobre a ferramenta no cenário industrial e sugere adaptações para organizações de menor porte. Tais modificações, por sua vez, se alicerçam nos conceitos de Gestão do Conhecimento, partindo da hipótese que gerenciar o capital intelectual dos funcionários neste tamanho de empresa é uma atividade necessária para a inserção da ferramenta. Todavia, ainda uma prática incipiente.

O estudo conclui que a Gestão do Conhecimento faz com que a empresa se aproxime dos próprios processos e participe da relação funcionário-conhecimento através da formalização em manuais e mapas de procedimentos. Desta forma, colaboradores (atuantes e futuros) poderão estar em maior contato com as falhas e efeitos existentes nos processos e produtos da empresa, aplicando os ideais propostos pela FMEA.

**Palavras chave:** FMEA, Análise de efeitos de modos de falhas, micro e pequenas empresas, MPE

## **Failure Mode Effect Analysis (FMEA) for micro and small enterprises: Proposal of a model from the perspective of knowledge management**

### **Abstract**

This paper presents a model for implementation of the failure modes effects analysis (FMEA) on a micro or small business. Thus, the article discusses literature reviews on the tool in the industrial scenario and suggests adjustments to smaller organizations. Such changes, in turn, are founded on the concepts of Knowledge Management, on the assumption that managing the intellectual capital of the employees in this company size is a needful activity in order to utilize the tool. However, still an emerging practice.

The study concludes that Knowledge Management makes the company approach itself and participate in the knowledge-employee relationship, by formalizing it in manuals and maps procedures. In this way, employees (active and future) may be more in touch with existing failures and effects on the company's processes and products by applying the ideals proposed by the FMEA.

**Key-words:** FMEA, Failure Mode Effect Analysis, micro and small enterprises, MPE

### **1. Introdução**

Ferramentas e procedimentos que fomentam a gestão da qualidade em micro e pequenas empresas vem tomando cada vez mais espaço em discussões científicas levando em consideração a representatividade que organizações deste porte tem apresentado no cenário

brasileiro, bem como a lacuna existente em soluções e pesquisas voltadas a esse público. Segundo Augustin (2006), a falta de eficiência gerencial é uma realidade em milhares de pequenas empresas e, em geral, as próprias organizações apresentam dificuldades em elaborar estratégias factíveis e viáveis de serem implantadas.

A análise de modos de falhas e seus efeitos - FMEA, nas palavras de McDermott (2009), está presente nos últimos 40 anos, mas ganhou força à partir de esforços para estabelecimento de padrões internacionais de qualidade nos anos 1990. Apesar da FMEA estar atualmente inserida na dinâmica industrial, os conceitos descritos pelos autores sobre o assunto apresentam fácil adaptabilidade para empresas de portes menores.

Desta forma, este artigo levanta a hipótese de que a FMEA pode ser adequada a um ambiente pequeno a luz da Gestão do Conhecimento e objetiva propor um modelo para sua aplicação. Como procedimentos metodológicos, realiza-se revisão bibliográfica sobre micro e pequenas empresas, gestão do conhecimento e a FMEA. Após, levanta-se a discussão para adequações dos conceitos já existentes para as MPEs. Entende-se que a gestão do conhecimento de cada colaborador leva a formalização do conhecimento, e conseqüentemente a conscientização sobre as falhas e efeitos presentes nos produtos e processos que a empresa desenvolve.

## **2 Fundamentação teórica**

### **2.1 Micro e pequenas empresas – MPEs no cenário brasileiro**

Em dez anos, os valores da produção gerada pelos pequenos negócios saltaram de R\$ 144 bilhões para R\$ 599 bilhões e representam 27% da construção do PIB brasileiro (SEBRAE, 2015). Segundo o Sebrae (2015), 8,9 milhões de empresas estão registrados como micro ou pequena empresa, representando 99% dos estabelecimentos instalados em território brasileiro.

O SEBRAE é o principal órgão de apoio às empresas destes portes. O livro “A participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia brasileira”(2014) reporta o relevante papel socioeconômico desempenhado pelas MPEs, levando em consideração séries históricas e o atual ambiente macroeconômico. Destacam-se as informações a seguir (p.7):

- As MPE geraram, em 2011, 27,0% do valor adicionado do conjunto de atividades pesquisadas(PIB);
- Esse percentual vem aumentando na série histórica, iniciada em 1985, quando esse indicador representava de 21,0% do valor adicionado (PIB), e em 2001, 23,2%;
- Serviços e comércio representaram, em 2011, 19% do valor adicionado, enquanto a indústria totalizava 7,8%;
- Em relação ao número de empresas as MPE representaram, em 2011, nas atividades de serviços e de comércio, respectivamente, 98% e 99% do total de empresas formalizadas;
- Em relação ao emprego, as MPE representavam 44% dos empregos formais em serviços, e aproximadamente 70% dos empregos gerados no comércio;
- Cerca de 50% das remunerações do setor formal de comércio foram pagas, em 2011, por MPE.

“Antes as pessoas abriam um negócio próprio quando não encontravam emprego. Hoje, de sete a cada 10 pessoas iniciam um empreendimento por identificar uma demanda no mercado, o que gera empresas mais

planejadas e com melhores chances de crescer.” Luiz Barreto, presidente do Sebrae.

## 2.2 Gestão do conhecimento em MPE's

Ações relacionadas ao desenvolvimento das pessoas e a gestão do conhecimento vem buscando uma maior valorização através da educação e treinamento, sendo que o sucesso da empresa depende do comprometimento das pessoas (CAMPOS *et al* 2005). Para o Sebrae, a Gestão do Conhecimento, por meio de suas práticas, objetiva organizar de forma estratégica os conhecimentos dos colaboradores e os conhecimentos externos, que são fundamentais para o sucesso do negócio.

É comum que micro e pequenas empresas apresentem poucos canais formais de transmissão de conhecimento, dando espaço para a existência do denominado “conhecimento tácito”, o qual, em linhas gerais, significa “aquele que está na apenas na cabeça das pessoas”. Partindo deste pressuposto, observa-se o relacionamento direto de um funcionário à tarefa a qual executa, acarretando, muitas vezes, na dependência da empresa a um único indivíduo.

Para Morozini (2013, p.17), a gestão do conhecimento é fundamentalmente a gestão de ativos intelectuais de forma a oferecer a vantagem competitiva a empresa. Apesar da GC ter muito a oferecer, implementá-la não é tão simples. Dessa forma, a maioria das empresas de pequeno e médio porte ainda tem dificuldade na aplicação de melhores práticas de GC, por não existirem no mercado soluções genéricas e de baixo custo capazes de atender a todos os setores.

## 2.3 FMEA - Análise de modos de falha e efeitos

Desenvolvida no cenário da indústria aeroespacial nos anos 1960, a *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* é uma ferramenta de gestão utilizada, em resumo, para a prevenção de problemas através de prévia análise de um produto ou processo. É uma técnica analítica utilizada por um engenheiro/time como uma maneira de garantir que, até a extensão possível, os modos potenciais de falha e suas causas/mecanismos associados tenham sido considerados e localizados (SAKURADA, 2001, p.3).

FERNANDES *et al.* (2006) afirmam que a *FMEA* avalia a severidade de cada falha proporcionalmente ao impacto causado, bem como sua probabilidade de ocorrência e de detecção antes de chegarem às mãos dos clientes. A ferramenta dá ênfase nas atividades onde as falhas possam ter um impacto significativo na qualidade e preço do produto e onde os intervenientes da obra estejam mais expostos a acidentes (CRUZ, 2012).

McDermott *et al.* (2009, IX) entendem que, contrariando as demais ferramentas de melhoria, o *FMEA* não exige estatísticas complicadas, ainda que possam apresentar economias significantes para uma empresa ao passo que reduz os potenciais custos de um produto ou processo que não cumprem a performance esperada.

### 2.3.1 Aplicabilidade e procedimentos

Sem dados confiáveis sobre o produto ou processo, o *FMEA* torna-se um jogo de adivinhação baseado em opiniões ao invés de dados verídicos. O resultado pode ser em uma equipe *FMEA* focada em modos de falha incorretos, perdendo significantes oportunidades de melhorar os modos que são os maiores problemas. (DERMOTT, *et al*, 2009, p. 3).

Existe a necessidade de uma equipe especializada e designada para esta função dentro da empresa. Embora uma pessoa normalmente seja responsável pela coordenação do processo, todos os projetos são baseados em equipe. O objetivo de uma equipe de FMEA é trazer uma variedade de perspectivas e experiências para o projeto (DERMOTT, p. 11).

Na interpretação de Rakesh, Jos e Mathew (2013, p. 2), existem dois tipos de FMEA: para projeto e para processos. Quando voltado para projeto, o FMEA contribui com a identificação de modos de falha conhecidos e previsíveis e então com a classificação das falhas de acordo com o impacto no mesmo. Voltado para os processos, utiliza-se para identificar potenciais falhas no próprio processo através da classificação das falhas e estabelecimento de prioridades que acordem com os proporcionais impactos em consumidores internos e externos.

Parsana e Patel (2014, p. 151) assertam que seguir um procedimento padrão na abordagem sistêmica do FMEA irá reduzir tempo em preparações dos processos e aperfeiçoar sua fidelidade, aumentando, por esse meio, sua qualidade e eficiência: procedimento o qual é sumarizado por em uma tabela de 10 passos, seja para produto ou processo:

|          |                                                                                       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Passo 01 | Revisar o processo ou produto                                                         |
| Passo 02 | <i>Brainstorm</i> potenciais falhas                                                   |
| Passo 03 | Listar potenciais efeitos para cada falha                                             |
| Passo 04 | Estabelecer ranking de severidade para cada efeito                                    |
| Passo 05 | Estabelecer ranking de ocorrência para cada efeito                                    |
| Passo 06 | Estabelecer ranking de detecção para cada falha e/ou efeito                           |
| Passo 07 | Calcular o número de prioridade de risco (RPN) para cada efeito                       |
| Passo 08 | Priorizar a moda de falhas por ação                                                   |
| Passo 09 | Tomar ações para eliminar ou reduzir as falhas de alto risco                          |
| Passo 10 | Calcular os RPNs resultantes ao passo que cada moda de falhas é reduzida ou eliminada |

Tabela 1 – Passos para implementação do FMEA (Fonte: DERMOTT, et al, 2009, p. 23. Tradução do próprio autor)

Os passos 04, 05 e 06 envolvem rankings de Severidade, Ocorrência e Detecção para cada efeito ou falha. Parsana e Patel (2014, p. 145) exemplificam três tabelas (Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4) que representam, respectivamente, as definições citadas.

| Código | Classificação       | Exemplo                                                                                         |
|--------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10     | Perigoso sem alarme | Posição muito alta – afeta segurança da operação                                                |
| 9      | Perigoso com alarme | Incumprimento de regras                                                                         |
| 8      | Muito alto          | Produto se torna inoperável, com perda de função – Consumidor muito insatisfeito                |
| 7      | Alto                | Produto se mantém operável, com perda de performance – Consumidor insatisfeito                  |
| 6      | Moderado            | Produto se mantém operável, mas perde conforto/conveniência – Consumidor desconfortável         |
| 5      | Baixo               | Produto se mantém operável, mas perde conforto/conveniência – Consumidor levemente insatisfeito |
| 4      | Muito baixo         | Desconformidade em certos itens – verificado pela maioria dos consumidores                      |
| 3      | Menor (secundário)  | Desconformidade em certos itens – verificado pela média dos consumidores                        |
| 2      | Muito menor         | Desconformidade em certos itens – verificado por consumidores seletivos                         |
| 1      | Nenhum              | Sem efeito                                                                                      |

Tabela 2 – Tabela de severidade (Fonte: Parsana, et al, 2013, p. 146. Tradução do próprio autor)

Para Sakurada (2001, p.11), severidade indica o quão sério é o efeito do modo de falha potencial e é sempre aplicada sobre o modo de falha. Quanto mais grave e crítico é o efeito, maior é o índice de severidade.

| Código   | Classificação | Exemplo            |
|----------|---------------|--------------------|
| 10 e 9   | Muito alta    | Falha inevitável   |
| 8 e 7    | Alta          | Falhas repetidas   |
| 6 e 5    | Moderada      | Falhas ocasionais  |
| 4, 3 e 2 | Baixa         | Poucas falhas      |
| 1        | Remota        | Falhas improváveis |

Tabela 3 – Tabela de ocorrência (Fonte: Parsana, et al, 2013, p. 146. Tradução do próprio autor)

Sakurada também define ocorrência (2001, p.11). Para ele, ocorrência “corresponde a um número estimado (algumas vezes cumulativo) das falhas que poderiam ocorrer. Deve ser baseado ou na causa ou no modo de falha”.

| Detecção                          | Classificação | Critério                                                                                 |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extremamente provável             | 1             | Pode ser corrigida antes do protótipo/Controles irão quase que certamente detectar       |
| Probabilidade muito alta          | 2             | Pode ser corrigida antes do lançamento do projeto/ Probabilidade de detecção muito alta. |
| Probabilidade alta                | 3             | Provavelmente será corrigido/Alta probabilidade de detecção                              |
| Probabilidade moderadamente alta  | 4             | Controles do projeto são moderadamente efetivos                                          |
| Probabilidade média               | 5             | Controles do projeto tem uma chance ainda de funcionar                                   |
| Probabilidade moderadamente baixa | 6             | Controles do projeto podem perder o problema                                             |
| Probabilidade baixa               | 7             | Controles do projeto provavelmente irão perder o problema                                |
| Probabilidade muito baixa         | 8             | Controles do projeto tem uma chance pequena de detecção                                  |
| Probabilidade muito baixa         | 9             | Não comprovada, projeto inconfiável/Pequena chance de detecção                           |
| Extremamente improvável           | 10            | Técnicas de projeto não disponíveis/Controles não irão detectar                          |

Tabela 4 – Tabela de detecção (Fonte: Parsana, et al, 2013, p. 147. Tradução do próprio autor)

Por fim, a “detecção” concerne à probabilidade de que os sistemas detectem a falha antes que esta atinja clientes (internos ou externos) (Sakurada, 2001, p. 12).

Corroborando as definições de terminologias comumente utilizadas dentro da FMEA, Pillay e Wang resumem (2001, p. 71):

- *Failure mode* (modo de falhas): Às vezes descritas como categorias de falha. Um modo de falha potencial descreve a maneira pela qual um produto ou processo poderia deixar de cumprir a sua função pretendida como descrito pelas necessidades, desejos e expectativas dos clientes / usuários internos e externos. Exemplos de modos de falha são: fadiga, colapso, rachadura, deterioração, deformação e desgaste (prematuramente), corrosão, etc.

- *Potential cause(s) of failure.* Potencial(ais) causa(s) de falha. Esta é uma lista de concebível fracasso atribuído para cada modo de falha. As causas listadas devem ser concisas e tão completas quanto possível. As causas típicas de falha são: material usado de forma incorreta, corrosão, erro de montagem, erro na dimensão, muito quente, muito frio, má manutenção, material impuro, formação de rachaduras, marcas de ferramentas, etc.
- *Gravity.* Gravidade. É uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial.
- *Effect.* Efeito. Um efeito é uma consequência adversa que o cliente / usuário pode experimentar. O cliente / usuário pode ser a próxima operação, as operações subsequentes, ou o usuário final.

Statamis (1995) destaca em quais pontos a aplicação correta da ferramenta pode apresentar benefícios:

- Melhoria da qualidade;
- Aumento da satisfação do cliente;
- Priorização na decisão de ações de melhoria;
- Aumento da competitividade das empresas;
- Maior segurança nos produtos ou serviços;
- Previne potenciais problemas;
- Permite a existência de uma documentação “viva” sobre um projeto, processo ou serviços.

### 3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa é classificada como natureza aplicada, de objetivos descritivos e exploratórios e abordagem predominantemente qualitativa. Os seguintes procedimentos metodológicos foram adotados:

- Revisão bibliográfica quanto aos tópicos da ferramenta FMEA em micro e pequenas empresas;
- Análise dos dados sob a ótica da Gestão do Conhecimento;
- Construção de conclusões e apresentação de sugestões para novas investigações concernentes ao tema.

### 4. Proposta de implementação FMEA em uma MPE

A análise de modos de falhas e seus efeitos dentro de micro e pequenas empresas envolve, portanto, compreender e adaptar o conceito proposto pela ferramenta às suas capacidades – principalmente financeiras e de recursos humanos. Apesar de ser proposto para aplicação de um engenheiro/time, o conceito mostra-se de grande adaptabilidade e fácil construção em ferramentas acessíveis pelas MPEs, como o Excel.

Como descrito por Souza (2007), independente do processo adotado, dos métodos e tecnologias aplicadas, a gestão do conhecimento eficiente é uma forma ampliar informações, diminuir riscos e acelerar o processo de tomada de decisão. Nesta ótica – e levando em consideração a dependência do conhecimento tácito de cada funcionário nas MPEs – deve-se, por primeiro, formalizar cada processo através da elaboração de manuais e mapas de procedimentos. Cada funcionário deve apresentar as operações que realiza dentro da empresa e suas possíveis alternativas de melhoria.

As etapas seguintes referentes à revisão de produto e do processo e *brainstorm* de possíveis falhas devem ser realizadas por todos os funcionários, em grupo. Colaboradores em empresas deste porte estão frequentemente em contato com ações de outros departamentos e, muitas vezes, realizam tarefas nestas áreas, o que abre espaço para pontos de vistas diferentes no processo. Aconselha-se que o estabelecimento dos rankings de severidade, ocorrência e detecção também seja feito em grupo pelos mesmos motivos.

Por fim, uma dupla ou trio de funcionários deve ser designada para calcular o número de prioridade de risco (RPN) para cada efeito e mostrar aos demais funcionários. Juntos, todos devem sugerir ações que possam minimizar os riscos e os efeitos e a equipe designada tomar as ações sugeridas, como produzir alertas para os riscos, providenciar EPI necessário e afins.

Assim, mostram-se os passos a seguir:

| Etapas do processo de aplicação FMEA em MPEs | Procedimentos                                                                                        |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Passo 01                                     | Formalizar os processos em manuais e mapas de procedimentos                                          |
| Passo 02                                     | Revisar o processo ou produto – participação de todos os funcionários                                |
| Passo 02                                     | <i>Brainstorm</i> de potenciais falhas – participação de todos os funcionários                       |
| Passo 03                                     | Listar potenciais efeitos para cada falha                                                            |
| Passo 04                                     | Estabelecer ranking de severidade para cada efeito                                                   |
| Passo 05                                     | Estabelecer ranking de ocorrência para cada efeito                                                   |
| Passo 06                                     | Estabelecer ranking de detecção para cada falha e/ou efeito                                          |
| Passo 07                                     | Calcular o número de prioridade de risco (RPN) para cada efeito                                      |
| Passo 08                                     | Priorizar a moda de falhas por ação                                                                  |
| Passo 09                                     | Tomar ações para eliminar ou reduzir as falhas de alto risco – participação de todos os funcionários |
| Passo 10                                     | Calcular os RPNs resultantes ao passo que cada moda de falhas é reduzida ou eliminada                |

Tabela 5 – Passos para implementação do FMEA em MPEs (Fonte: DERMOTT, et al, 2009, p. 23. Adaptação feita pelo autor

## 5. Conclusões

Pela observação dos aspectos mencionados, as ações para implementação da FMEA são semelhantes em grandes, médias, pequenas ou micro empresas. Todavia, nas MPEs, verifica-se a importância da inserção dos conceitos de Gestão do Conhecimento.

A participação de todos os funcionários no processo apresenta que, em muitos casos, o conhecimento está preservado em um único colaborador, deixando de lado a empresa, que foi cenário para construção deste saber. A falta de canais formais de procedimentos, por sua vez, acarreta em uma organização com menor autonomia na eventualidade de ausência deste funcionário.

No plano de fundo da implementação de uma ferramenta de gestão de qualidade, administrar o que “está na cabeça do funcionário” aproxima a empresa e todos os colaboradores de seus próprios processos, abrindo espaço para adequações e melhorias, bem como para a manutenção da integridade dos trabalhadores, equipamentos e todos a ela ligada direta ou indiretamente.

A pesquisa atingiu o seus objetivos de propor um modelo de implementação da FMEA em micro e pequenas empresas e abre portas para novas investigações, tais como o papel da Gestão do Conhecimento na qualidade dos produtos e na rotatividade dos funcionários.

## Referências

**CAMPOS, A.C.B.; CAMFIELD, C.E.; GODOY, L.P.; CAMPOS, L.C.A.; ANTONELLO, N.** *A importância da gestão do conhecimento para as micro e pequenas empresas*. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005.

**CRUZ, P. M. V. A.** *Aplicação do Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) na demolição, movimento de terras e execução da estrutura em edifícios*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 2012.

**MCDERMOTT, R.; MIKULAK, R.; BEAUREGARD, M.** *The basics of FMEA*. Productivity Press; 2 edition; New York, NY. ISBN: 13: 978-1-56327-377-3 (2009).

**MOROZINI, B.M.** *MAGCPME – Metodologia de Análise para Gestão do Conhecimento em Pequenas e Médias Empresas*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP: 2013.

**PARSANA, T.S.; PATEL, M.T.** *A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry*. Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, Vol. 4, No. 3, August 2014.

**PILLAY, A.; WANG, J.** *Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning*. Reliability Engineering and System Safety 79 (2003) 69–85.

**RAKESH, R.** *FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) Volume 2, Issue 2, March 2013. ISSN: 2319-5967.

**SAKURADA, Eduardo Yuji.** *As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos*. Universidade Federal de Santa Catarina (Eng. Mecânica). Florianópolis-SC: 2001.

**SEBRAE.** *Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira*. Brasília: Julho/2014.

**SOUZA, H. A. de;** *Gestão do Conhecimento na Pequena Empresa: A Modelagem Organizacional como ferramenta para gerir seu Conhecimento e Capital Intelectual*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP: 2007.

**STATAMIS, D.H.;** *Failure Mode Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Second Edition. ASQ Quality Press, 2003.