

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

**O DESEMPENHO ORGANIZACIONAL E A METODOLOGIA SEIS SIGMA- A
CONTRIBUIÇÃO DO FMEA**

FRANCIELE FERREIRA MACHADO

JUIZ DE FORA
2016

FRANCIELE FERREIRA MACHADO

O DESEMPENHO ORGANIZACIONAL E A METODOLOGIA SEIS SIGMA- A
CONTRIBUIÇÃO DO FMEA

Monografia apresentada pela acadêmica Franciele Ferreira Machado ao curso de Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Ary Ferreira dos Santos Junior,
Me.

Juiz de Fora

FACC/UFJF

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me acompanhado nessa trajetória e por ter me dado forças para que eu pudesse ser capaz de concluir mais essa etapa da minha vida.

Aos professores desta Universidade, pelo conhecimento que eles me passam durante esses quatro anos e meio. Em especial, ao professor Ary Ferreira dos Santos Junior, por ter aceitado me orientar durante a execução desse trabalho, e por ter executado essa tarefa com excelência. E aos professores Victor Paradela e Abuaré Junior, por terem se disposto a participar da banca do meu TCC.

Aos amigos verdadeiros que fiz nessa faculdade, e que me ajudaram a passar pelos momentos difíceis. Em especial, a Camila que esteve comigo em cada etapa dessa caminhada.

E por último, mas não menos importante, eu agradeço a minha família por todo o suporte que me deram. Em especial aos meu pais, Cláudio e Alessandra, que sempre acreditaram no meu potencial, que investiram em mim, e que me deram forças para continuar. Eu amo vocês!

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, pois sem eles eu não seria a pessoa que sou hoje, nem teria conquistado tudo o que eu já conquistei.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso é original, de minha única e exclusiva autoria e não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, audiovisual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte. Declaro por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autorall criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, de de 2016.

Franciele Ferreira Machado

¹ LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

² Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano ou multa.

**ATA DE DEFESA DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Ao ____ dia do mês de _____ de _____, nas dependências da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal de Juiz de Fora, reuniu-se a banca examinadora formada pelos professores abaixo assinados para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso de _____, discente regularmente matriculado(a) no Bacharelado em Administração sob o número _____, intitulado _____.

Após a apresentação e conseqüente deliberação, a banca examinadora se reuniu em sessão fechada, considerando o (a) discente _____ (aprovado(a)/reprovado(a)). Tal conceito deverá ser lançado em seu histórico escolar quando da entrega da versão definitiva do trabalho, impressa e em meio digital.

Juiz de Fora, ____ de _____ de _____.

Prof.

Orientador(a)

Prof.

Prof.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Lógica do Seis Sigma | 16 |
| Figura 2 - Equipe Seis Sigma | 20 |
| Figura 3 - Formulário básico FMEA | 28 |
| Figura 4 - Casos de sucesso do Seis Sigma | 38 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - O modelo DMAIC | 21 |
| Quadro 2 - Descrição das atividades do DMADV | 25 |
| Quadro 3 - Passos da metodologia FMEA | 28 |
| Quadro 4 - Índices de severidade, ocorrência e detecção..... | 29 |

LISTA DE ABREVIATURAS

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

DMAIC - Definir (*Define*); Medir (*Measure*); Analisar (*Analyze*); Implementar (*Improve*); Controlar (*Control*).

DFSS - *Design for Six Sigma*

DMADV - Definir (*Define*); Medir (*Measure*); Analisar (*Analyze*); Projetar (*Design*); Verificar (*Verify*).

CTQ – *Critical To Quality*

RESUMO

Devido as constantes mudanças que o cenário competitivo mundial vem sofrendo, as organizações em sua maioria têm buscado por novas ferramentas e métodos, para conseguir atender melhor as demandas dos seus clientes. Sendo que uma dessas metodologias é o Seis Sigma, tendo como ferramenta de apoio o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Portanto, o presente estudo tem como objetivo identificar se o FMEA usado na metodologia Seis Sigma, contribui para o alto desempenho das organizações. Para tanto, a pesquisa contou com um vasto estudo bibliográfico, e focou em examinar as especificidades da metodologia Seis Sigma e da ferramenta FMEA. A pesquisa mostrou que a ferramenta FMEA, como auxiliar do Seis Sigma, pode vir a contribuir para o alto desempenho organizacional. Os resultados obtidos podem contribuir para que as organizações entendam a metodologia Seis Sigma e suas ferramentas de apoio, e os benefícios que estas podem trazer para as organizações que querem se posicionar melhor no mercado, através de uma melhora no seu desempenho.

Palavras-chave: Seis Sigma. FMEA. Desempenho Organizacional. DMAIC. DFSS.

SUMMARY

Due to the constant changes that the global competitive landscape has undergone, organizations have mostly been looking for new tools and methods to better achieve meet the demands of its customers. Since one of these methodologies is Six Sigma, with the support tool FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Therefore, this study aims to identify the FMEA used in the Six Sigma methodology, contributes to the high performance of organizations. Therefore, the survey included a wide bibliographical study, and focused on examining the specifics of Six Sigma methodology and FMEA tool. Research has shown that the FMEA tool as an aid of Six Sigma , could contribute to high organizational performance. The results can help organizations to understand the Six Sigma methodology and its support tools, and the benefits they can bring to organizations that want to better position themselves in the market through an improvement in their performance.

Keywords: Six Sigma. FMEA. Organizational Performance. DMAIC. DFSS.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Conceituação da ferramenta Seis Sigma | 14 |
| 2.1.1 Organização das pessoas no Seis Sigma | 17 |
| 2.1.2 DMAIC | 20 |
| 2.1.3 DFSS | 23 |
| 2.2 FMEA..... | 26 |
| 2.3 Desempenho organizacional | 30 |
| 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS | 32 |
| 4. SEIS SIGMA E FMEA – O DESEMPENHO NAS ORGANIZAÇÕES | 34 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 44 |
| 6. REFERÊNCIAS | 46 |

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o cenário do mercado competitivo mundial, vem se caracterizando por grandes transformações econômicas, políticas, sociais e culturais, o que está resultando numa reestruturação por parte das organizações, que estão reformulando suas estratégias, incorporando novos modelos de gestão, e apostando na adoção de novas metodologias e ferramentas.

As organizações, em sua maioria, estão buscando a melhoria contínua dos seus processos e produtos, para que com isso atendam aos requisitos demandados pelos seus clientes que vêm se mostrando cada vez mais exigentes, e consigam sustentar suas vendas e lucros.

Configura-se, então, como um desafio para às organizações, o desenvolvimento e a utilização de instrumentos de gestão que possam lhes garantir um certo nível de competitividade no mercado atual e num momento futuro. As organizações bem-sucedidas, estão sendo aquelas que possuem ferramentas e métodos, planejados para melhorar suas saídas e para explorar oportunidades que virão a gerar ganhos financeiros tangíveis.

Por isso a metodologia de busca contínua da qualidade, Seis Sigma, e as diversas ferramentas usadas como forma apoio deste método, vem se popularizando e se tornando relevante para aquelas organizações que pretendem reduzir as variabilidades em seus processos e oferecerem para os clientes, produtos e serviços que são reconhecidos por estes como, superiores em entrega, desempenho, preço e qualidade.

E é por causa da constante popularização dessa metodologia e das ferramentas usadas como apoio por esta, com o objetivo de melhorar o desempenho das organizações, que o presente trabalho intendeu responder a seguinte problemática: O FMEA usado na metodologia Seis Sigma, contribui para a melhoria do desempenho das organizações?

Este problema de pesquisa, foi definido, a fim de determinar um estudo sobre a implementação da ferramenta FMEA nas organizações que fazem uso da metodologia Seis Sigma. Buscou assim, compreender os aspectos positivos que a ferramenta, pode trazer para esse tipo de organização.

Para tanto, tornou-se relevante que o trabalho tivesse como objetivo geral, identificar se o FMEA usado na metodologia Seis Sigma, contribui para o alto desempenho das organizações. Sendo que o objetivo geral foi fragmentado nos seguintes objetivos específicos: Identificar os fatores da ferramenta FMEA que poderiam contribuir para as organizações que fazem uso do Seis Sigma; evidenciar as mudanças que a implementação da metodologia Seis Sigma pode vir a causar nas organizações; estudar os fatores positivos que a ferramenta FMEA pode trazer para as organizações; reconhecer os desafios para a implementação do método Seis Sigma.

Para cumprir com esses objetivos, o presente trabalho teve sua estrutura composta por cinco capítulos, assim descritos. Neste primeiro capítulo, a introdução do trabalho, são apresentados a descrição do problema de pesquisa, a relevância do presente estudo, o objetivo proposto e sua justificativa, a delimitação da pesquisa, bem como a estrutura proposta para a elaboração desta.

Já o segundo capítulo é composto pelo referencial teórico do trabalho, e tem como principal objetivo, expor as principais linhas de pensamento dos autores selecionados para dar suporte a revisão da literatura. De forma que, esta compõe a moldura conceitual com a qual a redação do trabalho buscará dialogar, auxiliando assim, na elucidação da questão central a ser respondida.

O terceiro capítulo, por sua vez, apresenta os aspectos metodológicos, ou seja, uma maneira de como alcançar os objetivos propostos neste trabalho e que ferramentas irão apoiar a sua execução.

No quarto capítulo, é realizado um estudo e uma exposição de fatos em relação a ferramenta FMEA, o Seis Sigma e o desempenho organizacional, no intuito de buscar uma resposta para a situação problema.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, assim como algumas sugestões para futuras pesquisas neste mesmo campo de estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está dedicado à apresentação da contribuição de estudiosos dos temas abordados na pesquisa cujos resultados estão aqui apresentados. As teorias apresentadas aqui auxiliam na compreensão do problema em estudo, e nos dão embasamento para a sua discussão.

2.1 Conceituação da ferramenta Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma foi desenvolvida inicialmente pela empresa Motorola, no início de 1987, e foi sendo modificada e aperfeiçoada com o passar dos anos por diversas empresas. O programa, desde o seu surgimento vem ganhando a apreciação das organizações em geral, pois é uma abordagem de melhoria da qualidade, que gera impacto positivo no desempenho do negócio, aumentando seu potencial competitivo e impulsionando suas ações gerenciais e estratégicas (WERKEMA, 2004).

De acordo com, Carpinetti (2012, p. 138), “o Seis Sigma é um programa de melhoria que tem como objetivo a redução de desperdícios da não qualidade e conseqüentemente a redução de custos e a melhoria no atendimento de requisitos de clientes, como a qualidade de produto e confiabilidade de entrega”.

A respeito dessa metodologia, Carvalho e Paladini (2012, p. 130), consideram que:

O modelo Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico, que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade dos processos críticos e aumentar a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos, buscando satisfação de clientes e consumidores.

De maneira geral, pode-se dizer que a filosofia Seis Sigma propõe a existência de uma correlação direta entre a quantidade de produtos com defeito, o nível de satisfação do cliente com o produto ou serviço, e o percentual do faturamento desperdiçado com os defeitos (perdas). Considera-se também que se aplicado corretamente irá gerar uma melhoria do negócio como um todo, resultando em fortes impactos nos resultados financeiros.

O Sigma é uma letra grega usada na estatística e na matemática para representar o desvio padrão. O qual representa o grau de variação que um conjunto de informações sofre. Para fins práticos, o desvio padrão quantifica a variação que existe em um processo (WERKEMA, 2004).

A métrica Sigma evidencia o grau no qual qualquer processo se desvia da sua finalidade, ou seja, a capacidade do processo em gerar produtos dentro das especificações anteriormente definidas. Um processo Seis Sigma é aquele que não produz mais que 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, de maneira que defeito é entendido como qualquer característica do produto fora das especificações percebidas pelo cliente (WERKEMA, 2006).

Segundo Carpinetti (2012), todo processo que possa ser entendido como a transformação de um conjunto de parâmetros de entrada (material, máquina, método, trabalho) em uma saída (um produto acabado ou semiacabado), sempre apresentará certo grau de variabilidade entre os produtos. Portanto, considerando isto, a meta de 3,4 defeitos por milhão de oportunidade passa a representar praticamente a perfeição para um processo de transformação.

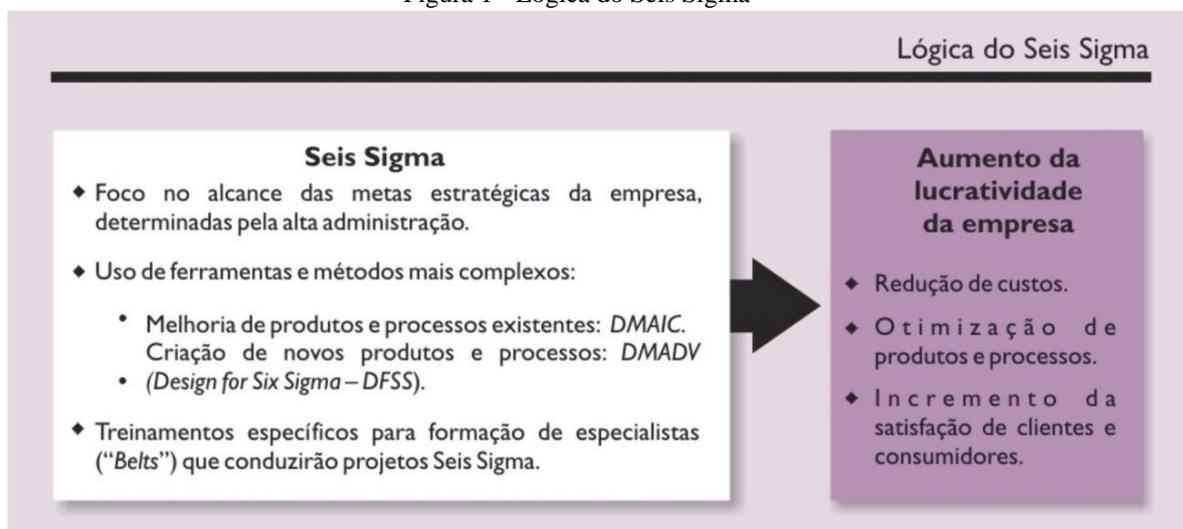
Em relação às etapas da implementação do Seis Sigma nas organizações, observa-se que existem divergências na literatura. Porém, em linhas gerais, primeiramente o método se propõe a identificar os problemas-base, para que dessa forma possa ser feita a seleção do projeto. Em seguida é feita uma coleta de dados, a fim de se conhecer o desempenho do processo atual. Posteriormente é feito a determinação das causas do problema, e a partir disso, são formuladas ações de melhoria que irão eventualmente gerar benefícios para o processo. Concluídos esses passos, só resta para a organização a consolidação e manutenção das melhorias conseguidas, ou seja, manter o processo sob controle. (ROTONDARO, 2008).

Considera-se que a fase mais importante do Seis Sigma é a sua implementação, pois neste aspecto existem alguns pontos que são essenciais no processo de introdução deste programa nas organizações. Entre os principais fatores que podem assegurar a eficácia dessa metodologia destaca-se o empenho da gerência com o programa, em virtude da necessidade da alocação de recursos que sustentem sua manutenção. (WERKEMA, 2006).

Outro fator relevante é a mudança cultural, pois sua implementação exige adaptações na cultura da organização, principalmente em relação a adoção de uma nova atitude dos funcionários, que devem sempre se sentir motivados para os desafios e o rigor que o programa impõe (ANTONY, 2004).

A figura a seguir, é uma representação gráfica da metodologia Seis Sigma, em que são especificados alguns de seus principais aspectos, e também são apresentados alguns benefícios que esta metodologia pode gerar para a empresa.

Figura 1 - Lógica do Seis Sigma



Fonte: Werkema, 2006

De forma complementar, destaca-se que, de acordo com Wilson (1999) que o Seis Sigma pode atuar das seguintes formas na organização:

1. **Benchmark:** é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, maquinarias, divisões e departamentos, entre outros.
2. **Meta:** é uma meta de qualidade. A meta Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Contudo, não é necessariamente zero. É, na verdade, 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas, 3,4 defeitos por milhão.
3. **Medida:** é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos Dois Sigma, o nível de

qualidade não é tão alto. O número de não-conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Basicamente quanto maior o número de Sigmas, melhor o nível de qualidade.

4. **Filosofia:** é uma filosofia de melhoria perpétua do processo e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeito.

5. **Estatística:** é uma estatística calculada para cada característica crítica da qualidade, para avaliar a performance em relação à especificação ou a tolerância.

6. **Estratégia:** é uma estratégia baseada na inter-relação entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência que eles possam ter sobre sua satisfação.

7. **Visão:** é uma visão de levar a organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente.

A partir do que foi exposto anteriormente, é possível verificar que a metodologia Seis Sigma, pode ser percebida pela organização de diversas formas, de modo que pode vir a ser considerada como um parâmetro de qualidade, uma meta, uma medida, uma filosofia de melhoria contínua, uma estatística, uma estratégia, ou como uma visão.

Na seção a seguir, serão apresentados os principais aspectos que envolvem a constituição da equipe Seis Sigma.

2.1.1 Organização das pessoas no Seis Sigma

A organização da equipe do Seis Sigma, é essencial para o sucesso da ferramenta, já que ela é desenvolvida essencialmente por pessoas. Dessa forma, o

treinamento dos envolvidos apresenta-se como um caminho para alcançar o aperfeiçoamento dos processos.

Cada empresa pode montar a equipe da maneira que melhor se adaptará aos seus moldes, mas é importante frisar que existe um modelo pré-definido. Ressalta-se que essa estrutura organizacional funciona de forma paralela a estrutura tradicional da empresa.

No modelo disseminado na literatura, a equipe é dividida em: Executivo líder, o Campeão, o *Master Black Belt*, os *Black Belts* e os *Green Belts*. O papel e a função de cada um desses membros serão apresentados a seguir:

O executivo líder, geralmente é um membro da alta gerência. É aquele que se responsabilizará pela implementação da ferramenta, que fiscalizará, conduzirá e incentivará as iniciativas Seis Sigma em toda a empresa. É o responsável por verificar os resultados financeiros alcançados pelos projetos Seis Sigma, e escolher os executivos que desempenharão a função de Campeões (ROTONDARO, 2008, p. 28).

O campeão, é uma função que geralmente aparece em empresas grandes e com muitas divisões. Possui as funções de liderar os executivos chave, de organizar e começar o desdobramento e a implementação do Seis Sigma, e de definir as pessoas que vão disseminar os conhecimentos do Seis Sigma pela organização. (ROTONDARO, 2008, p. 28 e 29).

De forma complementar, Carpinetti (2012, p. 143), entende que o campeão pertence a alta gerência da empresa e assume o papel de defensor da estratégia Seis Sigma e de transmissor dessa visão.

O *Master Black Belt*, também é uma função típica de empresas de grande porte. Auxilia a promover a implementação do Seis Sigma dentro da organização, responsabilizando-se pela criação de mudanças, e dedicando 100% do seu tempo para o Seis Sigma. Além disso, ajuda os Campeões na seleção e no treinamento de novos projetos de melhoria. Este profissional recebe treinamento intensivo e possui habilidades de comunicação e ensino, tendo por isso como função, treinar e instruir os *Black Belts* e os *Green Belts*. (ROTONDARO, 2008, p. 29).

Adicionalmente Carpinetti (2012, p. 143 e 144), considera que o *Master Black Belt*, “é um funcionário de média gerência, de formação técnica, especialmente

designado para essa função. Ele possui grande conhecimento nas técnicas estatísticas utilizadas pelo Seis Sigma”.

Os *Black Belts*, são considerados elementos chaves do sistema, assim como os *Green Belts*. Trabalham de acordo com as ordens do *Master Black Belt* e possuem motivação para alcançar resultados e fazer mudanças. Influenciam no setor que atuam e detêm habilidades de relacionamento interpessoal e excelentes conhecimentos técnicos sobre as funções da sua área. Além disso são responsáveis pelo treinamento e orientação dos *Green Belts* (ROTONDARO, 2008, p. 29).

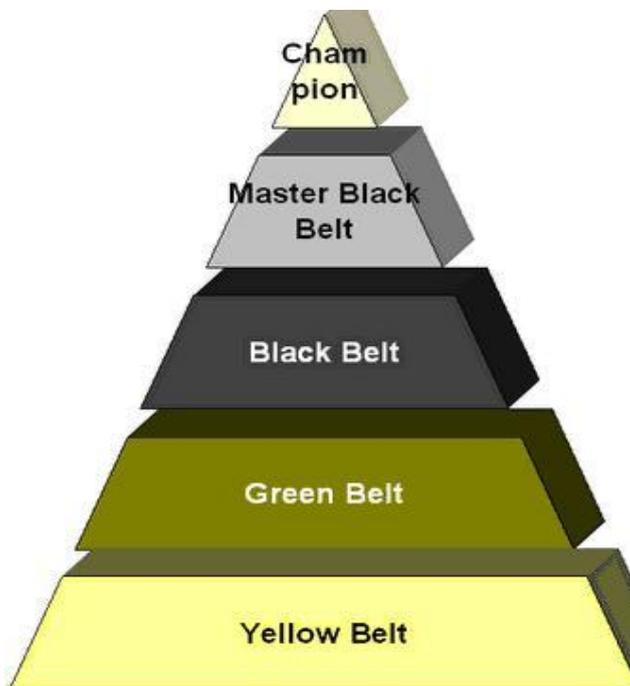
Normalmente, os *Black Belts* conduzem os projetos que visam oportunidades de aprimoramento em áreas administrativas e serviços, melhorando de forma significativa o tempo de espera, as perdas de vendas, os erros de previsão, as entregas incorretas, os pagamentos fora do prazo, as cobranças inadequadas, os erros de nota fiscal, as falhas nos pedidos, o estoque elevado, a liberação atrasada de produtos, as metas inconsistentes, a identificação incorreta de mercado, entre outros.

Os *Green Belts*, pertencem normalmente a média chefia da organização, e executam o Seis Sigma, como parte das suas funções do dia a dia. Suas principais funções são, auxiliar os *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e liderar pequenos projetos de melhoria, nas suas áreas de atuação (ROTONDARO, 2008, p. 30).

Rotondaro (2008, p. 31) acrescenta que “cada projeto Seis Sigma tem características diferentes e, em muitos casos, sua execução exige a participação de pessoas de diversos departamentos, de unidades ou de setores dentro da organização com diferentes graus de contribuição para o projeto”. Dessa forma, para que haja sucesso na implementação do projeto, é fundamental que as pessoas com as características e as habilidades certas sejam escolhidas para integrar a equipe.

A seguir tem-se a representação gráfica da organização das pessoas no Seis Sigma.

Figura 2 - Equipe Seis Sigma



Fonte: adaptado de Carpinetti, 2012

Na seção a seguir, foi apresentada uma das ferramentas de suporte e de desenvolvimento do Seis Sigma.

2.1.2 DMAIC

A metodologia Seis Sigma, utiliza como ferramenta de desenvolvimento e de suporte, o método denominado DMAIC, que se caracteriza como sendo uma metodologia baseada em dados para melhoria de processos. O acróstico DMAIC significa: Definir (*Define*); Medir (*Measure*); Analisar (*Analyze*); Implementar (*Improve*); Controlar (*Control*).

O DMAIC tem como principal característica, seu potencial para solucionar problemas, já que assegura a redução da taxa de falhas e defeitos nos produtos, processos e serviços.

Segundo o GUIA SEIS SIGMA (2001 – 2004), a metodologia DMAIC deve ser usada quando o produto ou processo já existe dentro da companhia, porém este ou não atende as especificações dos clientes, ou não apresenta o desempenho adequado.

O Quadro a seguir mostra a estruturação do método DMAIC, de acordo com Pande (2001).

Quadro 1 - O modelo DMAIC

| Passos | Melhoria de Processo | Projeto/Reprojeto de Processo |
|------------------------------|---|--|
| 1. Definição | <ul style="list-style-type: none"> Identifique a oportunidade Defina recursos Estabeleça métricas Estabeleça metas e <i>entitlement</i> (nível máximo de performance) | <ul style="list-style-type: none"> Identifique problemas específicos ou amplos Defina objetivo/Mude a visão Esclareça o escopo e as exigências do cliente |
| 2. Medição | <ul style="list-style-type: none"> Valide oportunidade/metras Faça o Mapa com variáveis de entrada e saída por fase do processo Redefina problema/objetivo Meça passos-chave/entradas | <ul style="list-style-type: none"> Meça desempenho em relação às exigências Colete dados sobre eficiência do processo |
| 3. Análise | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolva hipóteses causais Identifique causas-raiz ‘poucas e vitais’ Valide hipóteses | <ul style="list-style-type: none"> Identifique ‘melhores práticas’ Avalie projeto do processo Com ou sem valor agregado Gargalo do processo ou desconexões Caminhos alternativos Redefina exigências |
| 4. Implementação da Melhoria | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolva ideias para remover causas-raiz Teste soluções Padronize solução/meça resultados | <ul style="list-style-type: none"> Projete novo processo Desafie suposições Aplique criatividade Princípios de fluxo de trabalho Implemente novos processos |
| 5. Controle | <ul style="list-style-type: none"> Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho Corrija problema quando necessário | <ul style="list-style-type: none"> Estabeleça medidas e revisões para manter desempenho Corrija problema quando necessário |

Fonte: Pande, 2001

Conforme exposto no Quadro1 (Pande, 2001) o DMAIC é uma ferramenta que tem por finalidade identificar, quantificar e minimizar as fontes de variação de um processo, assim como sustentar e melhorar o desempenho deste processo após seu aperfeiçoamento.

Segundo Chowdhury (2001), complementando a definição de Pande (2001), já apresentada anteriormente, têm-se abaixo a explicação superficial de cada um dos passos da ferramenta, que devem ser percorridos por um projeto que venha a utilizá-la.

- **Definição:** primeiramente na Definição, os dados preliminares do projeto devem ser estabelecidos: a missão, o escopo, as métricas, o time, o tempo e o impacto financeiro estimados. Enfim, definir o projeto, os marcos iniciais e finais, os membros com respectivas responsabilidades da equipe, as métricas que indicarão se o projeto teve sucesso ou não e qual a estimativa de retorno que a empresa terá com a execução deste projeto.
- **Medição:** o passo da Medição tem o objetivo de determinar a situação do processo até o momento do início do projeto, ou seja, determinar a situação atual ou situação corrente. Neste instante o processo é mapeado com suas respectivas etapas, identificando-se todas as variáveis de entrada e saída. Então, começa-se uma primeira priorização das variáveis de entrada utilizando a ferramenta Matriz de Priorização ou o Gráfico de Pareto. A verificação do sistema de medição também é realizada para garantir que os resultados sejam confiáveis. Também neste passo coleta-se o maior número de dados para que seja estabelecida a capacidade inicial do processo ou a linha de base, utilizando-se gráficos de controle.
- **Análise:** após a Medição, vem o passo da Análise, onde se continua a priorização das variáveis de entrada através do entendimento das relações entre as causas e os efeitos do processo e potenciais fontes de variabilidade. Normalmente neste passo se utiliza a ferramenta Análise do Modo e Efeito das Falhas (*Failure Mode and Effect Analysis* = FMEA). Quando se dispõe de dados históricos do processo, pode-se utilizar também a ferramenta Análise Múltipla da Variância para se priorizar ainda mais as variáveis (já anteriormente priorizadas) e focar em apenas algumas variáveis os

experimentos para a coleta de informação ativa. Muitas pequenas ideias de melhoria de rápida e fácil implantação, geralmente chamadas de *Quick Hits*, são também saídas deste passo.

- **Implementação:** no passo 4, Implementação da Melhoria, são priorizadas as ações a serem implementadas com os prazos e responsáveis. Também neste passo, continua-se a entender ainda mais o efeito das (agora algumas poucas) variáveis-chave de entrada nas variáveis de saída do processo. Este estudo final é normalmente auxiliado pela ferramenta de Delineamento de Experimentos (“*Design of Experiments*” = DOE), onde antes de se iniciar qualquer processo de melhoria por ‘tentativa e erro’, faz-se um detalhado planejamento a fim de se otimizar a quantidade de experimentos (que significa custo). Neste planejamento se determinam quais são os limites inferiores e superiores que serão aferidos às variáveis de entrada, a fim de determinar a amplitude do impacto nas variáveis-resposta do processo. Portanto, após a realização dos experimentos, define-se quais os valores otimizados das variáveis de entrada resultarão nas melhores variáveis de saídas.

- **Controle:** finalmente, com as poucas variáveis de entrada críticas para o processo determinadas, bem como seus valores otimizados para se obter os valores desejados das variáveis de saída, um austero plano de controle deve ser estipulado para que o processo seja previsível e consistente e, portanto, para que os ganhos conquistados pelo projeto sejam mantidos. O plano de controle é um documento formal (normalmente uma planilha) que estabelece e monitora a capacidade final do processo no longo prazo.

Na próxima seção será apresentado outro método auxiliar do Seis Sigma.

2.1.3 DFSS

Segundo Carpinetti (2012, p. 148), “ o DFSS é um acrônimo pra *Design for Six Sigma*. Na verdade, é mais um conceito do que um método, ou seja, o

desenvolvimento de produto e processo deve incorporar os objetivos de redução de variabilidade e de custos da não qualidade da estratégia Seis Sigma”.

Geralmente é mais direcionado para a inovação e otimização, adicionando valor ao produto e gerando um melhor atendimento as necessidades dos clientes. Ocasionalmente vem sendo uma solução interessante na minimização de ocorrências indesejáveis e contratempos, associados ao desenvolvimento e ao lançamento de novos produtos (bens e serviços) e processos. É aplicado em processos produtivos e de serviços que precisam ser estruturados de forma que, ao estarem prontos e em funcionamento, já atinjam o nível Seis Sigma.

Este método é apontado como a única maneira de atingir o nível de Seis Sigma na área da qualidade, já que a qualidade do produto/ processo é projetada e não melhorada. Para isto, a metodologia proposta é o DMADV um acrônimo para, Definir, Medir, Analisar, Projetar e Verificar (CARPINETTI, 2012, p. 148).

De acordo com Rechulsk e Carvalho (2004), as cinco fases do DMADV são:

- **Definir:** é identificado o que será projetado e os objetivos que devem ser alcançados. Utiliza-se o quadro de projeto para manter o time focado nas atividades e alinhado com as prioridades da organização.
- **Medir:** entendimento das necessidades e expectativas dos clientes relativas ao produto ou serviço que está sendo criado. Através disso, são definidas as características críticas para a qualidade (CTQ) do projeto que, se tornarão os requisitos gerais que o time de projeto deve alcançar nas próximas etapas do desenho do novo processo.
- **Analisar:** escolher a melhor solução entre as possíveis alternativas de desenho. Utiliza-se a Matriz de Pugh (para a seleção do melhor conceito de design dentre as várias alternativas possíveis) e o benchmarking (para o desenvolvimento de conceitos de design).
- **Projetar (design):** será desenvolvido o design de alto nível (descrição do conceito de produto/ serviço escolhido, mapas do processo e arranjo das instalações) para todos os elementos apropriados, como: produto/ serviço, processo, informação, instalações, equipamentos e materiais/ suprimentos.

- **Verificar:** testar e validar o projeto. A equipe irá monitorar o desempenho dos CTQs do produto ou serviço através das cartas de controle.

A seguir têm-se um quadro do passo a passo do DMADV, por Werkema (2006), que complementa o que já foi falado por Rechulsk e Carvalho (2004).

Quadro 2 - Descrição das atividades do DMADV

| | Objetivo | Principais resultados esperados |
|----------------|----------|--|
| Etapa do DMADV | Define | <p>Definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado.</p> <p>Justificativa para o desenvolvimento do projeto. Potencial de mercado para o novo produto. Análise preliminar da viabilidade técnica. Análise preliminar da viabilidade econômica. Previsão da data de conclusão do projeto. Estimativa dos recursos necessários.</p> |
| | Measure | <p>Identificar as necessidades dos clientes/consumidores e traduzi-las em características críticas para a qualidade (CTQs) - mensuráveis e priorizadas - do produto.</p> <p>Identificação e priorização das necessidades dos clientes/consumidores. Análise detalhada do mercado. Características críticas do produto para o atendimento às necessidades dos clientes/consumidores.</p> |
| | Analyze | <p>Selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas e gerar o <i>Design Charter</i> do projeto.</p> <p>Definição das principais funções a serem projetadas para o atendimento às necessidades dos clientes/consumidores. Avaliação técnica dos diferentes conceitos disponíveis e seleção do melhor. Análise financeira detalhada do projeto.</p> |
| | Design | <p>Desenvolver o projeto detalhado (protótipo), realizar os testes necessários e preparar para a produção em pequena e em larga escala.</p> <p>Desenvolvimento físico do produto e realização de testes. Análise do mercado e <i>feedback</i> de clientes/consumidores sobre os protótipos avaliados. Planejamento da produção. Planejamento do lançamento no mercado. Análise financeira atualizada do projeto.</p> |
| | Verify | <p>Testar e validar a viabilidade do projeto e lançar o novo produto no mercado.</p> <p>Lançamento do produto no mercado. Avaliação da performance do projeto.</p> |

Fonte: Cristina Werkema, 2006

De acordo com Werkema (2006), o DFSS deve ser usado quando:

- A empresa tem a intenção de criar um novo produto ou processo.
- O aprimoramento do produto ou do processo atual, através do uso do método DMAIC, já se mostrou insuficiente para suprir às necessidades dos clientes. Sendo necessário, neste caso que seja feito um redesenho do produto ou reprojeto do processo.
- O processo em questão já atingiu seu nível máximo de performance, ou seja, seu entitlement. E a organização necessita que esse processo opere de forma a produzir mais do que sua capacidade atual.

Consegue-se dessa forma, perceber como o DFSS pode ter diversas utilidades para as organizações.

2.2 FMEA

Nos últimos tempos a Gestão da Qualidade, vêm dando importância para aspectos que não eram tão observados anteriormente, como as falhas. Por isso, cresce cada vez mais dentro das organizações, a utilização de uma metodologia denominada análise de falhas.

A falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade. Segundo Campos (1994), “uma falha operacional ou anomalia é qualquer desvio das condições normais de operação”. Dessa forma, pode-se considerar que condições normais de operação geram uma produção de resultados dentro das expectativas de confiabilidade. Qualquer resultado diferente do normal vai impactar as partes interessadas, ou seja, a organização. Ressalta-se ainda que a falha pelo ponto de vista da gestão de operações, pode ser entendida como a forma pela qual um item perde a condição para cumprir suas funções.

De acordo com a norma NBR 5462-1994:

A falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deve ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade.

O FMEA, metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo.

O FMEA também pode ser visto como um método de análise de produtos ou de processos, industriais ou administrativos, empregado para identificar todos os seus possíveis tipos e falhas potenciais, definir o efeito de cada uma sobre o desempenho do produto ou processo, priorizar os modos de falha em função de seus efeitos, de sua frequência de ocorrência e da capacidade dos controles existentes evitando que a falha chegue ao cliente, além de identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer (ROTONDARO, 2008, p. 155).

Observa-se dessa forma, que o objetivo desta ferramenta é diminuir as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, busca aumentar a confiabilidade, que é uma dimensão da qualidade. A confiabilidade vem se tornando cada vez mais importante para os consumidores, pois a falha de um produto, mesmo que imediatamente reparada pelo serviço de assistência técnica ou totalmente coberta pela garantia, causa no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo.

Segundo Puente et al (2002), o FMEA é basicamente constituído por dois estágios. No primeiro estágio, os possíveis modos de falhas de um processo ou produto e os efeitos prejudiciais que eles podem representar, são identificados. Já no segundo estágio, os engenheiros que trabalharam com o FMEA, determinam o nível crítico destas falhas, lhes atribuindo pontuações de risco e a partir dessas pontuações as colocam em ordem. A falha mais crítica será a primeira do *ranking*, e terá prioridade na hora da aplicação de ações de melhoria.

Ao ver de Fernandes (2005), a aplicação da metodologia FMEA deve seguir os seguintes passos:

Quadro 3 - Passos da metodologia FMEA

| |
|--|
| 1. Identificar modos de falhas conhecidos e potenciais; |
| 2. Identificar os efeitos de cada modo de falha e sua respectiva severidade; |
| 3. Identificar as possíveis causas de cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência dessas falhas. |
| 4. Identificar meios para detectar os modos de falha no caso de sua ocorrência e sua respectiva probabilidade de detecção; |
| 5. Avaliar o potencial de risco de cada modo de falha. E criar medidas de redução ou eliminação de falhas. |

Fonte: Fernandes, 2005

A aplicação do FMEA é realizada a partir do preenchimento de um formulário durante cada etapa. O qual será apresentado a seguir.

Figura 3 - Formulário básico FMEA

| Análise do Tipo e Efeito de Falha | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|---------|---|---|---|---|--------------------|---------------------|----------------|---|---|---|
| Cod. proc : Nome da Peça: Data: Folha No. _____ de _____ | | | | | | | | | | <input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto | | | | | | |
| Descrição do Produto/ Processo | Função(ões) do produto | Tipo de Falha Potencial | Efeito de Falha Potencial | Causa da Falha em Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações de Melhoria | | | | | | |
| | | | | | | S | O | D | R | Ações Recomendadas | Responsável/ Prazo | Medidas Implantadas | Índices Atuais | | | |
| | | | | | | | | | | | | | S | O | D | R |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos **Figura 1: Formulário FMEA**

| Análise do Tipo e Efeito de Falha |
|--|
|--|

Fonte: Toledo e Amaral, 2016

A análise das falhas potenciais, levará ao preenchimento do formulário nos quesitos relacionados com a função e características do processo, tipos de falhas, efeitos, causas e os controles atuais para regularização do processo. Já com a avaliação dos riscos serão atribuídos índices de ocorrência (O), severidade (S), e detecção (D), sendo que a ocorrência define a frequência da falha, a severidade determina a gravidade do efeito da falha, e a detecção é a capacidade de detectar a falha antes que ela alcance o cliente. Posteriormente, para cada causa será definido o risco, obtido pela multiplicação dos índices. O valor atribuído ao risco pode variar de 1 a 1.000, para valores de riscos altos e a equipe deve concentrar esforços no intuito de reduzir o risco calculado através de ações corretivas (TOLEDO, AMARAL, 2006).

Por fim, foram discutidas as ações de melhoria que serão implantadas no processo para redução da ocorrência das falhas. Este processo de aplicação do FMEA deve ser revisado sempre que ocorra alguma alteração em relação aos fatores que compõem quaisquer fases na execução do processo. A seguir tem-se o quadro dos índices de severidade, ocorrência e detecção.

Quadro 4 - Índices de severidade, ocorrência e detecção

| Índice | Severidade | Ocorrência | Detecção |
|---------------|---|---|--|
| 1 | Mínima - o cliente dificilmente percebe que a falha ocorreu | Remota – dificilmente ocorre a causa que leva a falha | Muito Grande - Certamente será detectado |
| 2 3 | Pequena - pequena deterioração no desempenho com ligeiro descontentamento do cliente | Pequena – a causa da falha ocorre em uma escala pequena | Grande – A possibilidade de ser detectado é grande |
| 4 5 6 | Moderada - Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente | Moderada – às vezes ocorre a causa que leva a falha | Moderada - Provavelmente será detectado |
| 7 8 | Alta – o sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente | Alta – ocorre a causa da falha com certa frequência | Pequena - Provavelmente não será detectado |
| 9 10 | Muito Alta – igual a anterior, entre tanto afeta a segurança | Muito Alta – a causa da falha ocorre em diversos momentos | Muito Pequena - Certamente não será detectado |

Fonte: adaptado de Toledo e Amaral, 2006

Como observado no quadro anterior, os índices de Severidade, Ocorrência e detecção, recebem pontuações de um a dez, possibilitando assim que as falhas sejam priorizadas de acordo com as suas pontuações.

2.3 Desempenho organizacional

O conceito de desempenho organizacional é algo intrincado e multifacetado, que foge de uma concepção simplista. Diferentes pesquisadores vêm focando sua atenção em característicos e diferentes aspectos do conceito de desempenho. Dessa forma, o termo desempenho pode ser entendido através de inúmeros pontos de vista, tornando o seu estudo um considerável desafio. Porém, essa multiplicidade de perspectivas deve ser considerada para se avaliar se o sucesso foi ou não alcançado, já que não é possível descrever o sucesso de uma organização, de um setor ou de um projeto fazendo-se uso apenas de um único parâmetro (ENSSLIN et al, 2010).

Desempenho organizacional também pode ser entendido como “o processo para identificar, organizar, mensurar, integrar e permitir a geração de ações de aperfeiçoamento das organizações”. Esse conceito restringe-se a contextos organizacionais com o intuito de envolver pessoas a fim de alcançar os objetivos estratégicos da organização (ENSSLIN et al, 2010).

Sink e Tuttle (1993) estabelecem que o desempenho organizacional é estruturado pelo complexo inter-relacionamento de diversos critérios ou parâmetros de desempenho, assim denominados: eficácia, eficiência, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade.

Os complexos meios que se articulam para obtenção da medição de desempenho de uma organização ocorrem através dos indicadores do modelo utilizado. Um indicador de desempenho proporciona a quantificação do desempenho e reflete a própria essência da mensuração (KAPLAN e NORTON, 1997).

Os indicadores de desempenho são compreendidos por Fonseca, Lourenço e Allen (1997) como, a entidade que reflete características mensuráveis de produtos, serviços, processos e operações utilizados pela organização e que serve para medir e aprimorar o desempenho operacional, a satisfação dos clientes da organização e para

fazer um acompanhamento do progresso de todas as atividades em direção a metas comuns.

A gestão do desempenho pode ser definida, como sendo: criar visões do estado que se deseja alcançar no futuro; avaliar a posição em que a organização se encontra no momento, no que diz respeito à visão, criar estratégias para a obtenção do que a organização está almejando para seu futuro e reunir recursos para que ela seja bem sucedido no caminhar rumo a essa visão, ou seja, a organização deve planejar; Planejar, desenvolver e aplicar eficazmente ações específicas de melhoria que tenham alta probabilidade de levar a organização rumo ao futuro almejado, principalmente em relação a níveis de desempenho; Garantir de que existam sistemas de apoio cultural, de maneira que existam gratificações e estímulos ao progresso, garantindo que excelência que está sendo obtida será mantida e podendo-se controlar os níveis de desempenho necessários para se posicionar diante da concorrência; Projetar, reprojeter, desenvolver e implantar sistemas de medição e avaliação que informarão se a caminhada segue na direção pretendida e o quão bem ela se desenrola (SINK E TUTTLE, 1993).

O processo de gerenciamento do desempenho é, portanto, um processo sistemático, coeso, estável, paciente e abrangente em toda a organização. O processo de gestão do desempenho organizacional deve preocupar-se não só com o que é feito, mas também com o modo como é feito (SINK E TUTTLE, 1993).

Na seção seguinte, foram apresentados os aspectos metodológicos dessa pesquisa.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Silva e Menezes (2001), pode-se classificar essa pesquisa como: aplicada, qualitativa, exploratória e bibliográfica.

A pesquisa apresenta natureza aplicada, pois tem o objetivo de produzir conhecimento, e retêm uma aplicabilidade prática, possibilitando a solução de problemas.

Ela é qualitativa quanto à sua orientação, pois se caracterizou como o tipo de investigação na qual o pesquisador é o principal instrumento de investigação, buscando a compreensão da situação problema por intermédio de autores da temática ou similar (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2006).

Godoy (1995), completa que, na abordagem qualitativa, a análise de dados é realizada de forma indutiva pelo pesquisador, não requerendo métodos estatísticos. Dessa forma, abre-se espaço para uma maior interpretação de fenômenos e a atribuição de resultados.

Algumas características referentes a pesquisa qualitativa, segundo Hoppen et al. (1996), são:

- O ambiente natural é a fonte de coleta de dados.
- O pesquisador é a peça chave.
- A pesquisa é descritiva.
- O processo e seus diversos significados são o foco principal desta abordagem.
- Não requerem o uso de técnicas estatísticas para análise de dados.
- Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente.
- A pesquisa observa os fatos ao longo do tempo, buscando assim uma profunda compreensão do contexto analisado.
- Faz uso de mais de uma fonte de dados.

Adicionalmente, a pesquisa pode ser considerada de cunho exploratório, pois o pesquisador teve o contato direto com o fenômeno estudado, que envolveu o levantamento de cunho bibliográfico. Tais estudos têm por objetivo familiarizar-se com

o fenômeno ou obter uma nova percepção dele, além de se desenvolver novas ideias (CERVO, BERVIAN e DA SILVA, 2007, p. 63).

A pesquisa também se caracterizou como bibliográfica, visto que tem base em materiais publicados e relacionados à temática. A pesquisa pode se dar por meio de livros, revistas, artigos, dissertações, teses, entre outros materiais disponíveis para o público em geral. Nestes termos, se torna interessante mencionar que para esta pesquisa, foram utilizados autores considerados como referências acadêmicas no que tange a temática estudada.

4. SEIS SIGMA E FMEA – O DESEMPENHO NAS ORGANIZAÇÕES

No atual mercado competitivo, as organizações estão reformulando suas estratégias, de forma que estas possam ajudar a organização a sustentar suas vendas e lucros. Na maioria dos casos, as organizações bem-sucedidas são aquelas que adotaram estratégias que oferecem para os clientes, produtos e serviços que são reconhecidos por estes como, superiores em entrega, desempenho, preço e qualidade.

A maioria das organizações possuem ferramentas e métodos, planejados para melhorar suas saídas e para explorar oportunidades que virão a gerar ganhos financeiros tangíveis. Utilizam iniciativas baseadas em melhorias constantes e conseguiram criar e padronizar guias de como implementar e desenvolver táticas, ferramentas e estratégias, capazes de criar e manter o sucesso.

Algumas organizações apostam em tentar reagir as mudanças externas rapidamente, em pensar criativamente sobre o futuro, e em investir no talento dos seus funcionários. Entretanto, como destacado por Senge (1999), “as práticas inovadoras crescem por um certo tempo e depois param de crescer. Talvez elas cessem de vez”. O que leva a se pensar em outros métodos, que possam vir a ser mais seguros e vantajosos para a organização.

Em consequência disso, na última década as organizações, em especial a indústria, têm sido cercadas por consultores de negócios focados na melhoria dos processos. Muitas dessas iniciativas alcançaram efeitos positivos, inclusive as organizações que adotaram a metodologia Seis Sigma, e que tiveram uma significativa melhora nos seus resultados (WERKEMA, 2004).

Como visto anteriormente a metodologia Seis Sigma tem a finalidade de melhorar os processos, reduzindo variabilidade, sendo que esta é tratada como se fosse uma falha inerente ao processo. Portanto, através de projetos de melhoria contínua e sustentável, objetiva-se reduzi-la a níveis baixíssimos, visto que não existe processo sem variação (WERKEMA, 2006).

Seis Sigma tem como objetivo analisar as causas originais dos problemas no processo e solucioná-los, através da ligação das saídas do processo às necessidades do mercado, otimizando assim os produtos e os processos.

Observa-se que a metodologia Seis Sigma é uma estratégia para o aumento da competitividade através da melhoria da qualidade. É fundamentada em uma série de ferramentas para a detecção, estudo e solução de problemas. Possui acentuado embasamento no recolhimento e no tratamento de dados, e faz uso de um enriquecido suporte estatístico. Dessa maneira, o programa Seis Sigma se diferencia dos demais, por causa da forma de aplicação estruturada dessas ferramentas, e por causa da sua integração com as metas e as finalidades da organização como um todo.

É importante ressaltar que a metodologia não se prende apenas a área da qualidade, perpassando por todos os processos da empresa, visando fortalecer suas necessidades, a partir do momento que melhora seus processos de uma forma contínua e sustentável. Deve ser baseada na estratégia corporativa e auxiliada pelo marketing, pela qualidade e pelas finanças, havendo um forte alinhamento à estratégia global da organização (WERKEMA, 2006).

Por meio do foco na capacitação dos colaboradores, as empresas que se utilizam desta metodologia, têm a finalidade de impactar de maneira bastante incisiva os lucros, provocar grandes enriquecimentos nos seus processos internos, incentivar o crescimento e melhorar o aproveitamento dos seus funcionários. Tornando assim a metodologia Seis Sigma benéfica para os clientes, colaboradores, acionistas e fornecedores.

Os principais benefícios da aplicação da metodologia Seis Sigma, baseados em Andrietta e Cauchick Miguel apud Arnheiter e Maleyeff (2005), Blakeslee Jr. (1999), Han e Lee (2002), Snee (2000), Young (2001) são:

- A busca da melhoria contínua dos processos;
- A conquista da satisfação dos clientes através da melhor compreensão dos requisitos exigidos;
- O pleno entendimento das entradas críticas dos processos necessárias para responder as alterações nas exigências e especificações definidas;
- Aprimoramento da qualidade;
- Ganhos no fluxo do processo;
- Aumento da produtividade;
- Redução de tempos de ciclo;
- Aumento da capacidade produtiva e da confiabilidade dos produtos;

- Redução dos defeitos, dos custos, de desperdícios;
- A eliminação de atividades que não agregam valor ao processo;
- A maximização dos lucros.

Diante da ampla aplicação do programa Seis Sigma nas organizações nota-se que este representa um poderoso recurso para a eliminação de erros, a diminuição de desperdícios e a conquista de resultados que melhoram significativamente os processos.

Vale destacar que esses benefícios só ocorrerão em organizações que se dispuserem a aplicar o método de forma correta, e a continuar a segui-lo até mesmo depois que os resultados inicialmente almejados tenham sido alcançados.

Percebe-se que algumas das principais mudanças resultantes da implantação do Seis Sigma estão relacionadas a atuação da empresa, ao projeto ou meta e a postura dos funcionários. Dessa forma, a atuação da empresa passa a ser voltada para a satisfação das necessidades dos clientes; busca-se um retorno financeiro, mesmo que ínfimo, a cada projeto ou meta a ser desenvolvido; há uma mudança de postura dos funcionários que passam a buscar o aperfeiçoamento na condução de suas atividades, além de se empenharem em eliminar operações que não agregam valor ao produto final, a partir de uma visão de que os problemas da empresa também são considerados de todos os seus funcionários (ANTONY, 2004).

General Eletric, Kodak, Honeywell, Allied Signal, Asea Brown Boveri, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Dow Chemical, Federal Express, Johnson & Johnson, Navistar, Polaroid, Seagate Technologies, Siebe Appliance Controls, Sony, Toshiba, são exemplos de organizações que foram bem-sucedidas na implementação da metodologia Seis Sigma.

Segundo Antony e Banuelas (2002), do ano de 1995 até o ano de 1998, a General Eletric registrou economias de cerca de um bilhão de dólares devido à implementação do Seis Sigma. Sua introdução nesta organização, envolveu uma drástica mudança de cultura que exigiu o apoio do alto escalão. Além disso representou um caminho para melhorar os processos, e então a empresa como um todo, gerando produtos e serviços no padrão mundial, de maneira mais eficiente e previsível.

O presidente da General Electric, Jack Welch, descreveu a metodologia Seis Sigma como sendo, a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu. Desde sua

implementação em 1995 até o ano de 2002, a GE conseguiu economizar aproximadamente US\$ 8 bilhões (Antony e Banuelas, 2002).

O processo de implantação do Seis Sigma na Kodak, segundo Cabrera Junior (2006), teve início em 1995. A empresa apostou principalmente no relacionamento interpessoal, como formação e interação com o grupo. Trazendo dessa forma para a organização, um retorno da ordem de 8 milhões de dólares, desde do início da sua aplicação.

A Honeywell, segundo Pande, Neuman, Cavanagh (2000), é uma história de sucesso do Seis Sigma. Tendo começado suas atividades de melhoria da qualidade no início dos anos noventa, em meados de 1999, já apresentava uma economia da ordem de 600 milhões de dólares ao ano.

A Allied Signal, que tem um faturamento superior a 14 bilhões de dólares, estava à beira da falência em 1994 quando iniciou a implementação do Seis Sigma e de lá para cá, conseguiu reduzir seus custos diretos em 2 bilhões de dólares. Além de ter alcançado um crescimento, em 1998, de 12%.

A Asea Brown Boveri (ABB), nos Estados Unidos, tem gerado com um único processo uma economia de cerca de 770 mil dólares por ano com a aplicação do Seis Sigma.

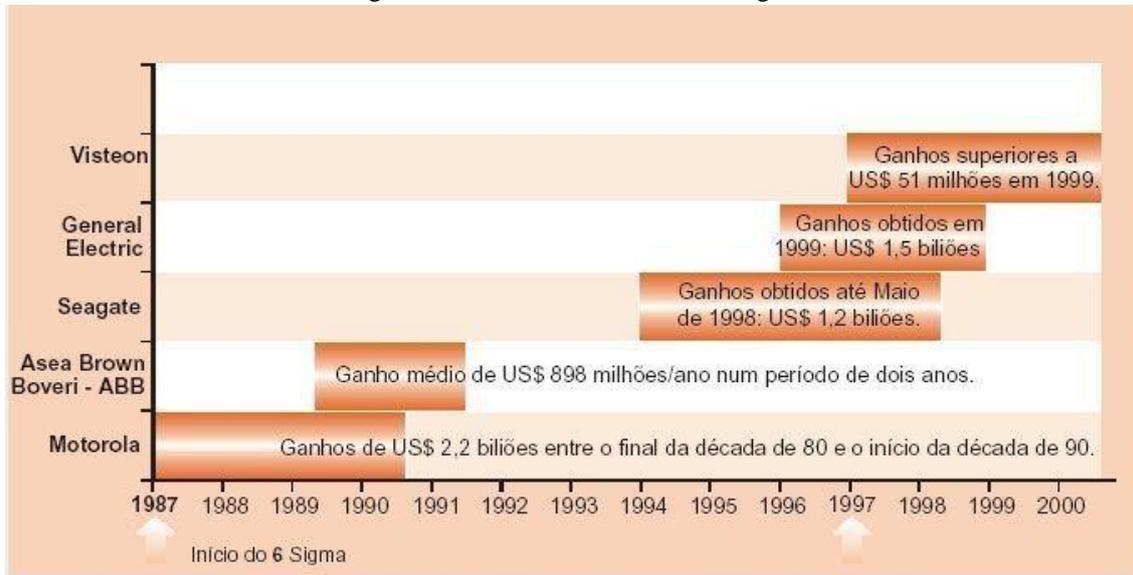
Na Polaroid, a estratégia Seis Sigma vem sendo utilizada para que a companhia consiga concentrar seu foco nos processos que afetam tanto a sua qualidade quanto as suas margens de lucro, conseguindo com isso incrementar sua lucratividade em 6% ao ano.

Já a Motorola estima que, em pouco mais de 10 anos conseguiu economizar mais de 11 bilhões de dólares, por causa da metodologia Seis Sigma.

No Brasil, o Seis Sigma passou a ser difundido a partir de 1997. A primeira organização a fazer uso da metodologia no país, foi o Grupo Brasmotor, que após realizar a medição dos resultados em 1999, observou que obteve ganhos de cerca de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 2002). Logo em seguida, várias outras empresas como AmBev, Belgo Mineira, Votorantim, Alcan e Johnson & Johnson, também implantaram o Seis Sigma.

Na figura a seguir temos representado alguns dos principais casos de sucesso da metodologia Seis Sigma.

Figura 4 - Casos de sucesso do Seis Sigma



Fonte: Cristina Werkema, 2004

A partir dos dados apresentados na figura a cima e dos casos das empresas que fizeram uso da metodologia, pode-se observar o tamanho do impacto financeiro que o Seis Sigma, pode vir a representar para a organização. Mas é importante que fique claro que, o Seis Sigma não é um método que se sustenta sozinho. Ele faz uso de diversos mecanismos e ferramentas, para que seus objetivos sejam atingidos. Uma dessas ferramentas é o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

De acordo com Fernandes (2005), “o método FMEA, busca além de identificar as falhas potenciais de forma sistemática, identificar os seus efeitos e definir ações que visem reduzir ou eliminar os riscos associados a esta falha, reduzindo assim o risco do produto ou processo”.

Sendo assim, a ferramenta FMEA analisa a probabilidade de ocorrência das falhas, a severidade, as causas que podem ocasionar a ocorrência das falhas, como podem ser detectadas, bem como quais são as ações de melhoria que podem ser implantadas na empresa para o avanço da qualidade no desenvolvido de produtos e processos.

Esta ferramenta é geralmente usada no Seis Sigma durante a fase ‘Analisar’, e em alguns casos na fase ‘Medir’ do DMAIC, mostrando-se uma excelente ferramenta de apoio a metodologia Seis Sigma, já que ajuda a detectar as falhas nos produtos e nos processos.

Segundo Stamatis e Palady (apud FERNANDES, 2005) algumas das principais vantagens da utilização do FMEA, são: melhoria da qualidade, confiabilidade e segurança de produtos e serviços; melhora da imagem competitiva frente aos seus clientes; auxílio no aumento da satisfação do cliente; subsídio para identificar procedimentos de diagnósticos de falhas; ajuda no estabelecimento de prioridades para as ações dos projetos; assistência no processo de identificação e prevenção das falhas; e auxílio para definir e priorizar ações corretivas.

O FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para identificação e prevenção de problemas, e é uma das soluções mais eficazes em termos de custos. Como procedimento oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos e processos em todas as áreas da organização (PANDE, NEUMAN, CAVANAGH, 2000).

Pode-se considerar que o FMEA é um meio para um fim nas organizações que utilizam da metodologia Seis Sigma. É uma ótima ferramenta para a análise e solução das falhas, podendo assim, auxiliar o desenvolvimento do Seis Sigma, já que este necessita que as falhas nos produtos e nos processos sejam identificadas, a fim de que ações corretivas possam ser tomadas, abrindo portas para o alcance de um melhor desempenho organizacional.

Diversos trabalhos científicos, argumentam que a ferramenta FMEA, poderia ser utilizada para dar suporte à solução de problemas nos projetos Seis Sigma. (PANDE, NEUMAN, CAVANAGH, 2000). Apesar da ferramenta ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, pela sua grande utilização e facilidade em alcançar resultados, a metodologia FMEA, passou a ser aplicada de diversas formas, inclusive como complemento de outras ferramentas de gestão da qualidade. Assim, atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes tanto no âmbito operacional, como na gestão. Sendo também utilizada em aplicações específicas, como por exemplo, análise de fontes de risco em engenharia de segurança ou como ferramenta complementar do Seis Sigma.

Pesquisas contemporâneas assinalam alguns dos benefícios que a metodologia Seis Sigma, pode proporcionar para melhorar o desempenho das organizações (SWINK; JACOBS, 2012; SHAFER; MOLLER, 2012):

- O retorno sobre o investimento foi afetado positivamente com a adoção do Seis Sigma;
- O retorno sobre vendas melhorou com a adoção do Seis Sigma;
- O retorno sobre ativos melhorou positivamente;
- O lucro operacional sobre o ativo total e o lucro operacional sobre vendas melhoraram após o terceiro ano de implementação;
- Houve melhor taxa de melhoria no que diz respeito à produtividade;
- O desempenho do Seis Sigma tornou-se mais significativo a partir de dois anos de implementação.

A metodologia Seis Sigma, afeta positivamente o retorno sobre o investimento e o retorno sobre as vendas, porque consegue satisfazer melhor seus clientes, a partir do momento que compreende melhor os requisitos exigidos por estes, e aumenta a confiabilidade do produto.

E afeta a taxa de produtividade, pois além de estar constantemente buscando pela a melhoria dos processos, possibilita o pleno entendimento das entradas críticas necessárias para atender as exigências e as especificações definidas.

Como já destacado anteriormente, Sink e Tuttle (1993) estabelecem que o desempenho organizacional é estruturado pelos seguintes critérios ou parâmetros: eficácia, eficiência, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade. Ou seja, a organização estará sendo bem-sucedida em relação ao seu desempenho organizacional quando todos esses critérios estiverem sendo alcançados com excelência. A partir desses parâmetros, consegue-se então analisar os impactos da ferramenta FMEA e da metodologia Seis Sigma nas organizações.

A eficiência está diretamente associada ao consumo de recursos pelos processos, ou seja, está ligada aos inputs destes. Uma maneira de se olhar para a eficiência pela ótica operacional, é estabelecer uma relação entre o consumo previsto de insumos e o consumo efetivo desses insumos. Se o que foi previsto foi maior do que o que foi consumido, então o sistema se mostrou mais eficiente do que era esperado, já

que consumiu menos recursos do que o que estava previsto. Se o que foi previsto for menor do que o que foi consumido, o sistema se mostrou menos eficiente do que se era esperado (SINK E TUTTLE,1993).

Pensando-se então que o Seis Sigma, busca uma constante melhoria dos processos, e procura deter um pleno entendimento de suas entradas críticas, a metodologia definitivamente se mostra interessante para o alcance do critério eficiência.

A produtividade é a relação entre os resultados gerados pelos processos e os recursos que propiciaram a geração desses resultados. Ou seja, a produtividade é o resultado da capacidade de produzir, associado as técnicas organizacionais e ao capital investido (SINK E TUTTLE,1993).

O Seis Sigma mostra-se interessante para o cumprimento do critério produtividade, já que falhas na produção quando impedidas, ou seja, corrigidas a tempo, evitam prejuízos na produtividade. E o FMEA pode vir a ser de grande ajuda para o Seis Sigma nesse caso, já que uma de suas principais funções é a detecção e a prevenção de falhas. Além disso a metodologia Seis Sigma também pode ajudar a organização na busca pelo cumprimento desse critério, pois se aplicada da maneira correta, irá aumentar a produtividade.

A eficácia está diretamente relacionada aos resultados, sendo que, uma organização é eficaz quando alcança suas metas, seus objetivos ou seus resultados planejados (SINK E TUTTLE,1993). O Seis Sigma, se mostra interessante para a busca do cumprimento do critério eficácia, uma vez que toda a sua metodologia é baseada no cumprimento das metas e no alcance dos resultados organizacionais.

A qualidade, como parâmetro de desempenho, é relevante em todos os estágios do gerenciamento dos processos e leva em consideração inúmeros aspectos do sistema organizacional. Esse parâmetro compreende um conjunto de atividades que irão garantir a efetividade dos recursos. De modo que busca a confirmação de que o sistema organizacional está recebendo os recursos que necessita de forma efetiva. Aborda um tema importante para o gerenciamento da qualidade total, que é a criação de qualidade no produto ou serviço produzido pela organização. Também dá grande importância para a percepção do potencial criativo das pessoas e preza pela qualidade de vida no trabalho. Além disso, busca garantir que os resultados gerados pelo sistema organizacional, satisfação às especificações e requisitos estabelecidos. Finalmente, o

critério qualidade, foca na compreensão detalhada daquilo que os clientes desejam, precisam, e exigem, e em como a organização está se saindo em relação a entrega dos bens e serviços a estes (SINK E TUTTLE,1993).

O Seis Sigma, se mostra interessante para o cumprimento do parâmetro qualidade, uma vez que promove ganhos no fluxo do processo, aumenta a capacidade produtiva e a confiabilidade dos seus produtos, já que melhora a qualidade destes, com a redução dos defeitos. Além disso, conquista a satisfação dos clientes através da compreensão dos requisitos exigidos considerados como importantes por eles. No que tange o FMEA para o cumprimento desse parâmetro, e para o auxílio a metodologia Seis Sigma, é relevante ressaltar que esta ferramenta, aumenta confiabilidade e segurança de produtos e serviços, auxiliando assim no aumento da satisfação do cliente, e melhorando a imagem competitiva frente a estes.

A inovação também é um parâmetro de desempenho e pode ser entendida como um processo criativo que apresenta capacidade de mudar aquilo que o sistema organizacional faz, e também o modo que as coisas são feitas. Este processo inclui mudanças importantes na estrutura da organização, na tecnologia, nos produtos e serviços, nos procedimentos organizacionais e nas políticas (SINK E TUTTLE,1993).

O Seis Sigma, pode ser relevante para o cumprimento do parâmetro inovação, uma vez que incentiva os colaboradores organizacionais a pensar de maneiras diferentes, no intuito de melhorar os processos organizacionais.

A lucratividade, de acordo com sua definição operacional, é a relação entre o resultado financeiro adquirido pela organização e os custos que asseguraram o seu alcance (SINK E TUTTLE,1993). O Seis Sigma, mostra relevância para o cumprimento desse parâmetro, pois ao buscar a melhoria contínua dos processos diminuindo suas falhas e desperdícios. E ao diminuir os defeitos dos produtos, acaba por aumentar a qualidade e a confiabilidade destes, conquistando em consequência disso a satisfação dos clientes, o que eventualmente irá se converter em ganhos financeiros para a organização. Além disso, promove ganhos nos fluxos dos processos, reduz o tempo de ciclo e aumenta a produtividade, se mostrando benéfico para o alcance do critério lucratividade. O FMEA nesse caso, mostra-se interessante para auxiliar a metodologia Seis Sigma no alcance do critério, pois pode ajudar a impactar nos custos que a organização possui ao tentar alcançar o resultado financeiro almejado.

Enfim, o desenvolvimento dos projetos Seis Sigma por pessoas qualificadas e treinadas de acordo com o método. Apoiadas pela alta gerência organizacional, adotando-se os métodos DMAIC e DFSS, e em sincronia com as metas organizacionais. Além do auxílio das mais diversas ferramentas, como por exemplo o FMEA, demonstra fornecer a estrutura adequada para a resolução de problemas, melhoria de processos e aumento da qualidade, possibilitando assim uma melhora no desempenho organizacional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão Seis Sigma da qualidade compõe uma metodologia para coordenar qualidade de desempenho de processos à gestão de custos. Em geral, a filosofia Seis Sigma sugere a existência de uma correlação direta entre o número de produtos com defeitos, o percentual do faturamento perdido com esses defeitos, e o nível de satisfação do cliente com o produto ou serviço. Ou seja, caso haja uma elevação da métrica Sigma no processo, a eficiência e a eficácia deste serão aumentadas, como consequência disso, queda dos custos operacionais e elevação do nível de satisfação dos clientes ocorrerão.

A metodologia Seis Sigma é uma ferramenta de gestão da qualidade, que vem sendo adotada por diversas organizações no intuito de melhorar significativamente o seu desempenho e o atendimento ao cliente. É uma abordagem que vem se consolidando rapidamente no mundo dos negócios e possibilitando inúmeras conquistas as organizações. Sendo um método que se concentra na diminuição ou eliminação da incidência de erros, defeitos e falhas de um processo e, portanto, apresentando ampla aplicação na maioria dos setores do mercado.

A utilização do Seis Sigma pelas organizações, é um ótimo recurso a ser usado na busca por um melhor desempenho organizacional. Mas como já citado anteriormente, não funciona sem o auxílio das mais diversas ferramentas. Entre elas o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), que é uma ferramenta que vem se destacando como alternativa de suporte à solução de problemas em projetos Seis Sigma.

Como já visto, o FMEA é uma ferramenta da qualidade que tem como objetivo encontrar as falhas que poderão existir no processo, analisar essas possíveis falhas, para então definir as prioridades na hora de decidir quais ações serão tomadas para extinguir ou minimizar essas possíveis falhas que poderão surgir.

Já foi apresentado anteriormente neste trabalho, os benefícios que a metodologia Seis Sigma, e a ferramenta FMEA podem gerar para uma organização. Mas faz-se importante ressaltar, que a ferramenta FMEA, servindo de apoio a metodologia Seis Sigma, pode representar para a organização, significativas mudanças nos processos, que podem vir a significar ganhos financeiros para a organização.

Dessa maneira, a ferramenta FMEA se mostra de grande ajuda para as organizações que fazem uso da metodologia Seis Sigma, de forma que se aplicada da

maneira correta, poderá gerar retornos positivos, que irão impulsionar o desempenho organizacional, apesar de não ser a única ferramenta de gestão disponível, devendo esse trabalho ser complementado por novos estudos.

Conclui-se com o presente trabalho que, a metodologia Seis Sigma, utilizando a ferramenta FMEA como sua auxiliar, pode aumentar o desempenho organizacional através do melhoramento da qualidade dos produtos, da geração de satisfação para os clientes, da diminuição dos gastos com perdas e da eliminação de processos desnecessários. O trabalho não encerra a discussão sobre as vantagens que podem ser alcançadas pelas organizações através do Seis Sigma e do FMEA, mas poderá servir de base para estudos futuros.

6. REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método na Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** São Paulo: Thomson Learning, 2002.

ANDRIETTA , João Marcos; CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras.** Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.

ANTONY, J.; BAÑUELAS, R. **A strategy for survival.** Manufacturing Engineer, v. 80, n. 3, p. 119-121, 2001.

ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. **The integration of lean management and Six Sigma.** The TQM Magazine, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

BLAKESLEE Jr., J. A. **Implementing the six sigma solution.** Quality Progress, v. 32, n. 1, p. 77-85, 1999.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia.** Rio de Janeiro: Bloch Editores S. A, 1994.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade.** São Paulo: Editora Atlas, 2012.

CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos.** Elsevier Editora, 2012.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHOWDHURY, S. **Working toward Six-Sigma Success.** Manufacturing Engineer, 2001.

ENSSLIN, Leonardo; GIFFHORN, Edilson; ENSSLIN, Sandra Rolim; PETRI, Sérgio Murilo; VIANNA, William Barbosa. **Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão.** Construtivista, 2010.

FERNANDES, José Márcio Ramos. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

FONSECA, Carlos Juvenal Carvalho; LOURENÇO, Jorge Tadeu Vieira; ALLEN, José Domingos Trinta. **TAO – Terminologia do Aprimoramento Organizacional**. Rio de Janeiro: Qualitymark, p. 237, 1997.

GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. In: Revista de Administração de Empresas. São Paulo: v.35, n.2, p. 57-63, abril 1995.

HAN, C.; LEE, Y. H. **Intelligent integrated plant operation system for six sigma**. Annual Reviews Control, v. 26, p. 27-43, 2002.

HOPPEN, N., LAPOINTE, L. e MOREAU, E. **Um guia para a avaliação de artigos de pesquisa em Sistemas de Informação**. Revista Eletrônica de Administração (REAd), Edição 3, set/out. 1996.

IAQ – INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial**. Manuais QS-9000. São Paulo: IQA, 1997.

KAPLAN, S R; NORTON P. D. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, p.344, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão estratégica da Qualidade**. Editora Atlas, 2009.

PAMPLONA, Edson; ROSA, Eurycibíades Barra; ALMEIDA, Dagoberto Alves de. **Parâmetros de desempenho e os Elementos de Competitividade**. 16o ENEGEP. Piracicaba, SP, outubro de 1996.

PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R.R. **Estratégia Seis Sigma**. 1a. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark , 2000.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D de L. **A decision support system for applying failure mode and effects analysis**. International Journal of Quality & Reliability Management, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137- 151, 2002.

RECHULSK, Denise Kaufman; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Programas de qualidade Seis Sigma – características distintivas do modelo DMAIC e DFSS**. 2004.

ROTONDARO, Roberto G. **Seis sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. **Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais**.

SENGE, P.M. **A quinta disciplina - caderno de campo. Estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

SHAFER, S. M.; MOELLER, S. B. **The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation**. Journal of Operations Management, v. 30, n. 7-8, p. 521–532, nov. 2012.

SILVA, E. L. D; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis, Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SINK, D. Scoot. **Productivity Management: Planning, Evaluation, Control and Improvement**. New York: John Wiley and Sons, 1985.

SINK, D. Scoot; TUTTLE, Thomas C. **Planejamento e medição para a performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.

SNEE, R. D. **Impact of Six Sigma on Quality Engineering**. Quality Engineering, v. 12, n. 3, p. 31-34, 2000.

STAMATIS, D.H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. ASQ Quality Press, Segunda Edição, 2003.

SWINK, M.; JACOBS, B. W. **Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success**. Journal of Operations Management, v. 30, n. 6, p. 437–453, 2012.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA: Análise do Tipo e Efeito de Falha**. Disponível em: < <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf> >. Acesso em: 30 mai. 2016.
<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Belo Horizonte: Werkema, 2004.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WILSON, P. Mario. **Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges**. Advanced Systems Consultants, 1999.

YOUNG, A. **Six Sigma: creating an advantage competitive**. The Virtual Strategist, p. 38-41, 2001.