

Análise da aplicabilidade do método DMAIC do modelo Seis-Sigma

Rafaela Fernandes Amado (USP) rafaela.amado@gmail.com

Henrique Rozenfeld (USP) roz@sc.usp.br

Resumo: *O modelo Seis-Sigma de melhoria da qualidade tem sido amplamente difundido e utilizado por diversas empresas ao redor do mundo, principalmente por ter demonstrado substanciais ganhos financeiros. Ele deve ser implementado utilizando o método DMAIC, um conjunto de etapas bem definidas - Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar – ao longo das quais se aplica um conjunto de ferramentas estatísticas. Observa-se na literatura a falta de estudo comparativo de casos de aplicação do DMAIC em diferentes processos e setores econômicos com o intuito de descobrir sobre a aplicabilidade e utilidade do método de forma abrangente. Desta forma, neste trabalho foi realizado uma revisão bibliográfica com o intuito de estudar os principais conceitos e aplicações sobre o tema; também foram selecionados três casos encontrados na literatura que serviram de base para a realização da discussão em torno da proposta feita. Os casos selecionados são brevemente descritos; tal descrição se fez em torno das atividades realizadas em cada caso em cada etapa proposta pelo método DMAIC. Conclui-se que é um método abrangente e eficaz, pois gera bons resultados em diferentes processos.*

Palavras-chave: *Seis Sigma, DMAIC.*

1. Introdução

A qualidade há muito tem permanecido como questão relevante de discussão, quer seja do seu próprio significado, quer seja sua forma de ser entendida e aplicada. Contudo, sua presença já se estabeleceu como pré-requisito para sobrevivência das empresas e sua busca se acentuou bastante após década de oitenta (Rengel *et al.*, 2006).

Devido a esta realidade, as empresas foram em busca de ferramentas que possibilitassem a melhoria de seus processos produtivos, com o intuito de gerar produtos melhores acabados e que propiciassem aos clientes maior satisfação. É dentro deste contexto que a metodologia Seis-Sigma toma corpo; segundo Daffre (2004), ela se apresenta como “uma maneira objetiva de medir o desempenho e a capacidade dos processos, produtos, serviços ou até mesmo empresas em “Nível Sigma” e compará-los entre si.” Isso possibilita a ela, por meio de ferramentas estatísticas, estabelecer um valor de sigma que represente seu processo e o valor que ela quer atingir para melhorar a qualidade do seu processo.

A Filosofia Seis-Sigma foi desenvolvida pelo engenheiro Bill Smith, em 1986, junto a Motorola, no intuito de se diminuir o número de falhas de um produto, ainda dentro do seu período de garantia e de reduzir custos de qualidade. Este processo foi conduzido pelo então presidente da companhia, Robert Galvin (ANTONY e BANUELAS, 2002; RENGEL *et al.*, 2006).

As empresas que vem adotando este modelo de gestão, têm obtido ganhos financeiros expressivos, como a AlliedSignal, que obteve economias de US\$ 1,5 bilhões de dólares, a Motorola, que reduziu de 84% os custos de não qualidade entre 1987 e 1992, e a GE, que fez grande economias da casa de US\$1 bilhão (CAMPOS, 2003; ANTONY E BANUELAS, 2002).

Segundo Centro de Qualidade, Segurança e Produtividade (QSP)(2006) e Antony e Banuelas, (2002), boa parte das contribuições do Seis-Sigma resulta da metodologia de implementação e no uso correto das ferramentas estatísticas inerentes à filosofia. Ainda segundo o Centro, “Simplificações na aplicação da metodologia, como a redução do número de pessoas treinadas e envolvidas no processo, podem acarretar resultados decepcionantes, muito aquém do desempenho que o Seis Sigma pode efetivamente propiciar”. Devido a isto, é que se tem valorado bastante o DMAIC –*Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control*

(controlar) – metodologia de implementação do Seis-Sigma, que busca, por meio destes passos, estabelecer uma forma sistemática de realizar melhoria contínua de forma objetiva, com auxílio de técnicas e ferramentas estatísticas.

Como pode-se observar pelos relatos encontrados na literatura, o Seis-Sigma hoje tem sido muito aplicado e gerado diversos resultados positivos a diferentes setores da economia; contudo, não se observa a realização de um estudo comparativo sobre sua implementação, por meio do método DMAIC, que buscasse elementos para caracterizar a usabilidade e aplicabilidade deste método nos mais diferentes processos em diversificados setores da economia. Então, este trabalho se propõe a realizar uma comparação entre alguns estudos de casos encontrados na literatura, que aplicaram a metodologia DMAIC e procurar salientar quais foram os pontos fortes e fracos neste processo, tentando caracterizar então a usabilidade e aplicabilidade deste método frente aos diferentes processos de negócio a que foi aplicado.

Para o desenvolvimento do trabalho, fez-se uma suficiente, mas não exaustiva revisão bibliográfica sobre o tema e uma busca de estudos de casos, que aplicaram o DMAIC, nos mais diferentes processos. Em seguida, buscou-se entender e explorar cuidadosamente cada estudo de caso escolhido para então se traçar algumas analogias e conjecturas com o objetivo de contemplar satisfatoriamente à proposta deste trabalho.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os conceitos básicos que permeiam o tema em voga; na Seção 3, é apresentado um tópico que descreve os três estudos de caso escolhidos para realização de estudo comparativo. Na Seção 4, é discutida a motivação deste artigo e por fim, na Seção 5 são apresentadas as conclusões finais.

2. Seis-Sigma e seus conceitos

O Seis Sigma é um programa de qualidade, junto a outros como Controle da Qualidade Total (TQC) e Gestão da Qualidade Total (TQM). Seis-Sigma e TQM não apresentam relações obrigatórias de coexistência, apesar de apresentarem algumas ferramentas comuns e buscarem a melhoria contínua. o Seis-Sigma pode ser aplicado de forma independente por uma organização que esteja buscando aumento de qualidade e produtividade. Contudo, se for implantado em organizações que já possuam um Sistema de Gestão da Qualidade, os benefícios poderão ser ainda mais expressivos (Kessler, 2004).

As origens dos Seis-Sigma estão ligadas aos trabalhos relacionados ao movimento da qualidade. O mérito do Seis-Sigma se dá não pela implementação de ferramentas novas, mas pela forma que seu uso é proposto – aplicação prática, com envolvimento de pessoas, resultado imediato e ligado diretamente a ganhos financeiros. A evolução da qualidade pode ser vista na Figura 1 abaixo:

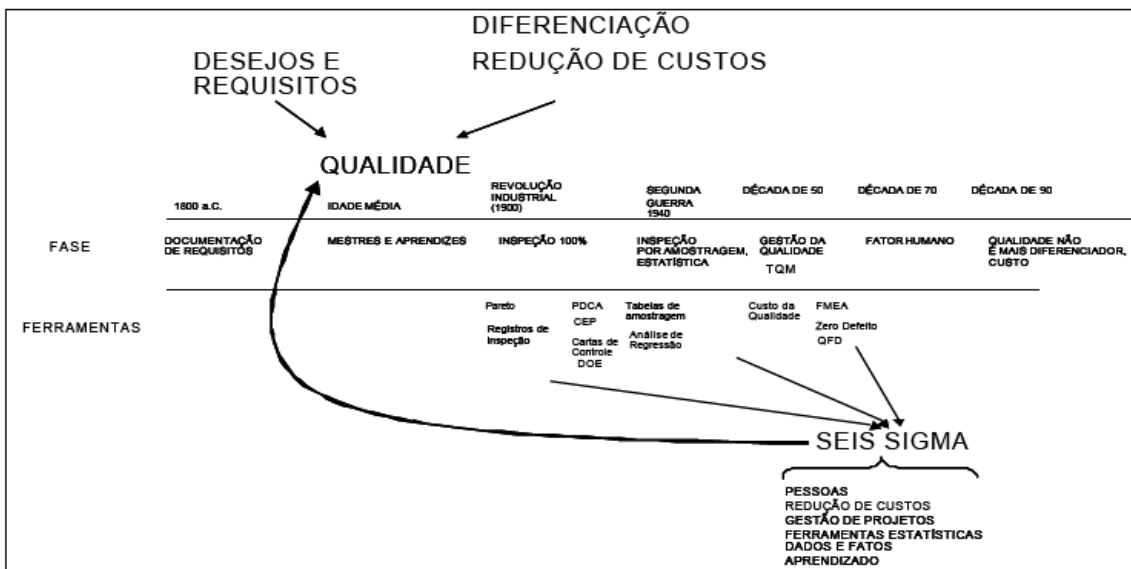


FIGURA 1 – Evolução da qualidade.
 Fonte: KESSLER *et al.* (2004)

Segundo Campos (2003), “Seis Sigma é uma estratégia que busca a satisfação dos clientes e de menores custos pela redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos. Também representa uma medida de desempenho e meta para operação de processos, com uma taxa de 3,4 falhas por milhão de atividades ou ‘oportunidades’”.

São poucas as empresas que atingem o Seis-Sigma, trabalham geralmente com quatro-sigma. E quando atingem, não o conseguem tê-lo em todos os processos da empresa, só em alguns.

Abaixo, encontra-se a Tabela 1, ilustrativa da ocorrência de falhas quando se trabalha com quatro e com seis-sigma.

TABELA 1 – Exemplos de falhas com o desempenho de quatro e seis-sigma

Quatro Sigma (99,38% conforme)	➔	Seis Sigma (99,99966% conforme)
Sete horas de falta de energia elétrica por mês	➔	Uma hora de falta de energia elétrica a cada 34 anos
5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana	➔	1,7 operação cirúrgica incorreta por semana
3.000 cartas extraviadas para cada 300.000 cartas postadas	➔	Uma carta extraviada para cada 300.000 cartas postadas
Quinze minutos de fornecimento de água não potável por dia	➔	Um minuto de fornecimento de água não potável a cada sete meses
Um canal de TV 1,68 horas fora do ar por semana	➔	Um canal de TV 1,8 segundos fora do ar por semana
Uma aterrissagem de emergência no aeroporto de Guarulhos por dia	➔	Uma aterrissagem de emergência em todos os aeroportos do Brasil a cada cinco anos

Fonte: WERKEMA (2006).

A aplicabilidade do Seis-Sigma tem se espalhado, principalmente porque a metodologia é muito difundida pelos ganhos que promove – maior eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade e aumento da satisfação dos clientes -, sobretudo em relação aos ganhos financeiros. Abaixo, encontra-se Figura 2 que ilustra ganhos de diversas empresas que aplicaram a metodologia (HSM MANAGMENT, 2004).

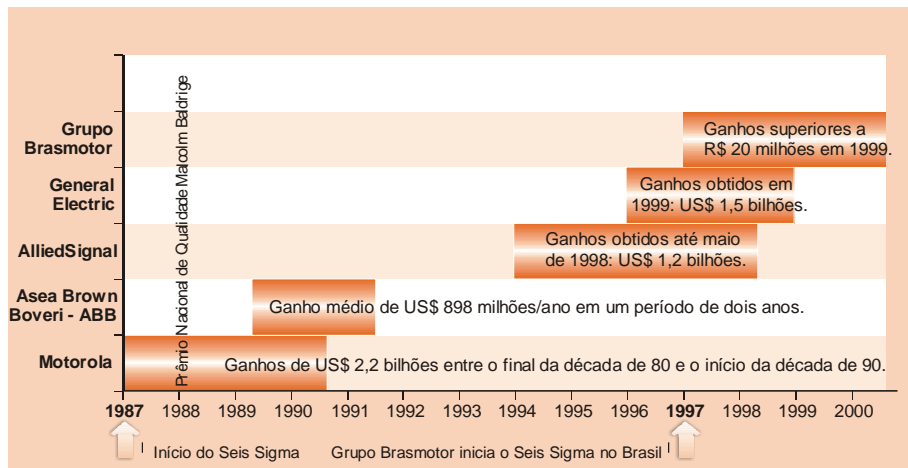


FIGURA 2 – Ganhos obtidos com o programa Seis-Sigma em diferentes empresas

Fonte: WERKEMA (2006)

A implantação do Seis-Sigma acontece por meio de “patrocinadores” (Sponsors, campeões, *champions*) do programa- indivíduos pertencentes a alta administração, que devem entender as ferramentas Seis-Sigma, devem fazer uso desta filosofia e sempre que possível, transmiti-la. O Seis-Sigma envolve a empresa toda e sua abordagem é *top-down* (RENGEL *et al.*, 2006).

Existem papéis, cargos, a serem assumidos no programa, como os *máster black belts*, sujeitos de alto nível técnico do projeto, devem conhecer muito bem as técnicas estatísticas utilizadas e devem estar aptos a auxiliarem os *black belts*, por isso devem ter boa oratória e didática; os *black belts*, que são líderes de projetos e dedicam 100% de seu tempo fornecendo capacitação e suporte a todos os envolvidos no projeto. Existem ainda os *green belts*, pessoas-membro das equipes de projeto que assumem papel de liderança e facilitador das equipes, dentro das suas especialidades técnicas; recebem treinamento básico nas ferramentas Seis-Sigma. E por fim, os *Team Members* que coletam dados do processo produtivo, sob liderança dos *green belt* ou *black belt*; geralmente são representantes do chão de fábrica (KESSLER, 2004; RENGEL *et al.*, 2006).

Para implantação de Seis-Sigma, faz-se uso de um método denominado DMAIC que prevê uma seqüência lógica de etapas (fases) definidas como Definir, Medir, Analisar, Aprimorar (ou Melhorar) e Controlar. A descrição de cada etapa será feita segundo Campos (2003).

- Definir: busca identificar necessidade e requisitos dos clientes e associá-los aos objetivos estratégicos da empresa, para então se definir processos críticos que deverão definir projetos a serem realizados, como oportunidade de atender melhor o cliente ou economia que pode beneficiar a empresa.
- Medir: aplicação de ferramentas estatísticas para traçar estado atual dos processos e se estabelecer metas de aprimoramento.
- Analisar: uso de ferramentas estatísticas e não estatísticas para identificação da causa-raiz do problema definido. Tal etapa é importante, porque se deve tomar cuidado com os julgamentos, para que não se identifique conseqüências no lugar de causas.
- Melhorar: utilização de ferramentas estatística para melhoria do processo. Ação para correção do problema-alvo.
- Controlar: aplicação de ferramentas com o intuito de manter as melhorias alcançadas e torná-las padrão.

O encadeamento das etapas, no qual a etapa seguinte só deve começar quando a anterior já estiver encerrada, permite uma compreensão melhor dos processos, facilitando o caminho para otenção da resolução dos problemas ou melhoria dos processo, evitando julgamentos precipitados ou errôneos, que bloqueiam a identificação da verdadeira causa o que gera um procedimento não efetivo (não

corretivo ou de melhoria), possibilitando o aparecimento, no futuro, dos mesmos problemas. E quando um ciclo é encerrado, um novo pode ser iniciado para que a melhoria contínua ocorra.

Diversas ferramentas podem ser aplicadas em cada etapa do método. Alguns exemplos, das mais usadas segundo Campos (2003) são o mapeamento de processos, o diagrama de causa e efeito e as técnicas gráficas são as ferramentas mais usadas. Também, se destaca o grande número de testes de hipóteses e de experimentos realizados. Tais ferramentas não são novas, o que é diferente é o seu uso integrado com foco em projeto.

Uma grande necessidade existente para que se realize com sucesso a implantação de um programa Seis-Sigma é a cooperação e envolvimento de todos nos projetos e respaldo da alta administração (ARIENTE, 2005).

Apesar dos seus inúmeros benefícios, Hamer apud HSM Management (2004), aponta para uma limitação dos Seis-Sigma. Este é voltado para resolução de problemas orientado para projetos e aplica ferramentas estatísticas para ajuste de processo em andamento, não considera, segundo o autor a possibilidade de uma solução totalmente inovadora, ou seja, parte-se do pressuposto que o projeto existente é robusto, necessitando apenas de algumas correções, assim “o sucesso do 6-Sigma não implicaria automaticamente o sucesso da empresa” (HSM Management, 2004).

3. Casos Analisados

Três foram os casos analisados; tais casos foram coletados da literatura, e que apesar de não terem sido estudos de caso, permitem boas explanação e constatação de diversos pontos motivadores deste trabalho. Os casos referem-se a diferentes processos – um ligado a desenvolvimento de software, outro à construção civil e outro à rotatividade de estoque de uma empresa.

Caso 1: Empresa desenvolvedora de *Software* (TONINI *et al.*, 2005)

Empresa mundial de desenvolvimento de *software* embutido. A empresa já era utilitária da metodologia Seis Sigma em seus processos industriais quando resolveu fazer uso dos Seis-Sigma na modalidade de software, aplicando-o a processos que apresentam-se mais vulneráveis e de risco para seus negócios. A organização tem certificação SW-CMM nível 3 e deseja subir para nível 4. Projetos, em geral, de curta duração.

A seguir, será descrito um projeto que objetivava à redução de erros de lógica de uma das equipes de programação, de acordo com o método DMAIC, que apresentou as seguintes atividades em cada fase:

Definir: Detectou-se um aumento significativo da quantidade de retrabalho na programação de *software* e em decorrência disso, elaborou-se este projeto.

Medir: Havia uma quantidade alta de horas gastas, além de uma variância também alta entre as médias das equipes, evidência discrepância técnica.

Analisar: Por meio de análise de causa e efeito, identificou-se as causas: falta de infra-estrutura, não atendimento de todas as exigências dos processos, falta de padronização de produtos, falta de ferramentas de automação e de treinamento adequado.

Melhorar: Utilização de FMEA (*Failure Model and Effect Analysis*) para buscar a priorização das ações de melhoria propostas.

Controlar: Utilizou-se o Gráfico de Controle Estatístico do Processo e notou-se uma sensível redução do tempo de construção do software que passou de 5h13' (sigma 3,74) para 1h09' (sigma 5,74).

Caso 2: Construção Civil (CARRION, 2005)

Construção de 45 prédios de 4 andares, cada prédio com 20 apartamentos, totalizando 900 unidades habitacionais. O intuito da construção é a promoção de reurbanização de uma favela da Zona Sul de

São Paulo com duração de 14 meses, que objetiva proporcionar melhores condições de vida pelo oferecimento de infra-estrutura e de apartamentos econômicos.

A motivação para uso dos Seis Sigma: redução de desperdícios de materiais e de mão-de-obra por parte das empresas construtoras.

Utilizou-se o método DMAIC, na construção, para processo de projeto e construção habitacional. Abaixo, encontram-se descritas, de forma sucinta, as atividades realizadas em casa fase do método:

Definir: Alto índice de não conformidades rotineiras neste tipo de construção. Engenheiro Fiscal abre relatório a cada ocorrência de falha. Os tipos de falhas se repetem, variando geralmente em relação à quantidade. Então, definiu-se como meta a redução de 25% das não conformidades, abaixando o custo em, no mínimo, 20% entre janeiro e outubro de 2003.

Medir: Foi feito levantamento da quantidade e do tipo de falhas ocorridas em três dos 45 prédios do conjunto habitacional. Média de não conformidades foi de 57 por prédio, o que equivale a R\$1800,00/prédio. Descreveu-se os tipos de falhas ocorridas e as suas respectivas quantidades em cada prédio mês a mês em quadros-resumo. Sendo que ocorreram 52 falhas no prédio 9, 62, no prédio 40 e 60, no prédio 41. As não conformidades encontradas estavam relacionadas a fundações, estrutura de concreto armado, alvenaria estrutural, controle tecnológico, esquadrias, acabamento, rede telefônica, pintura externa.

Analisar: A partir dos quadros-resumos de cada prédio, fez-se Diagramas de Pareto:

- Quantidade de não conformidades x categoria (tipo de falha detectada)
- Freqüência relativa (%) x Categoria
- Curva de freqüência acumulada (%) x Categoria.

Prosseguindo a análise, correlacionando agora o custo da correção de cada tipo de não conformidade, realizou-se novos Diagramas de Pareto e chegou-se a duas falhas prioritárias: de categoria 1- estacas hélice contínua executadas com excentricidade – no prédio 39 e de categoria 2 – erro na execução da concretagem das vigas das lajes nervuradas de concreto- nos prédios 40 e 41. Como o maior número de erros ocorreu no prédio 40, seguido pelo 41 e 39, respectivamente e como o problema de categoria 2 era o que representava o maior custo, resolveu-se então utilizar o Diagrama de Ishikawa para determinar a causa-raiz do problema da concretagem de vigas, dada por “mão-de-obra inexperiente e desmotivada que errou na utilização do vibrador de concreto” (CARRION, 2005, p. 8).

Melhorar: na busca pela melhoria, por meio da eliminação da causa-raiz levantada, traçou-se um plano de ação com o auxílio da ferramenta 5W1H – que, quem, quando, onde, por que e como.

O Plano de Ação 01 visou a correção da causa-raiz da categoria 2, mas fazendo-se levantamento de falhas no prédio 42, no qual foi executado teste piloto do plano de ação 01, encontrou-se 46 falhas. Resolveu-se então fazer nova aplicação do DMAIC para correção da execução das fundações dos prédios. Utilizando-se do DMAIC e executando igualmente os passos acima, chegou-se a causa-raiz do problema das fundações: “erro no içamento da armadura devido a defeito do guindaste e da máquina perfuratriz hidráulica, não tendo sido monitorada a verticalidade da torre e da estaca.”

Também realizou-se a geração de base de dados de DMAIC aplicado para retroalimentação do processo – aprendizado em novas obras e melhoria contínua em empreendimentos de Construção Civil.

Controlar: os resultados melhoraram e superaram as expectativas, pois ocorreu redução de 26% na quantidade total de não conformidades, sendo que o esperado era de 25%.

Caso 3: Rotatividade de fio de cobre (SENA *et al.*, 2003)

A empresa em que foi aplicado o DMAIC é uma multinacional francesa que usa como matéria-prima o fio de cobre redondo. Pretendeu-se, por meio da metodologia, melhorar o giro de estoque e portanto, fazer um melhor uso do fluxo de caixa, diminuir desperdícios e evitar a má qualidade nos processos. Abaixo, encontram-se descritas, de forma sucinta, as atividades realizadas em casa fase do método:

Definir: A melhoria da rotatividade do fio de cobre foi definido como o problema-alvo após análise de que se tratava de matéria-prima fundamental do processo e, portanto, estratégica, e em decorrência de consulta no SAP - *Systemanalyse and Programmentwicklung* (Sistemas, Aplicações e Produtos para Processamento de Dados) - da empresa e constatação de um estoque excessivo que gera altos investimentos e compromete o fluxo de caixa da empresa.

Definiu-se o problema a atacar: o estoque. Também traçou-se meta: definição de nível adequado de material a ser comprado para que não haja interrupção do processo produtivo e ao mesmo tempo evite a manutenção de altos níveis de estoque. O escopo do projeto abrange o fornecedor e a empresa multinacional. Definiu-se o time de projeto e os resultados esperados: giro de 2 no estoque, melhoria no tempo de entrega por parte do fornecedor e financiamento do estoque pelo fornecedor. Duração do projeto estabelecida em 4 meses.

Medir: Por meio da base de dados do SAP, observou-se que no período de fevereiro de 2002 a fevereiro de 2003 o consumo de material sempre manteve-se abaixo do nível de material estocado. Utilizou-se de Histograma Acumulado para se encontrar a média da rotatividade – 0,5646 – e descobrir que se tratava de uma distribuição normal. O fornecedor tem lead time de 7 dias.

Analisar: Buscou-se analisar como era feito o pedido de compra, segundo fluxo de informação entre Engenharia, Planejamento e Compras. O Almoxarifado confere e distribui os materiais. Após visita ao Almoxarifado em companhia do setor de Compras, percebeu-se realmente que o estoque era alto, cerca de 2 vezes a produção mensal, o que era desnecessário vide lead time pequeno do fornecedor. As possíveis causas de estoque alta foram então identificadas por meio do uso do Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe.

Melhorar: Identificou-se como pontos a melhorar a necessidade de dados confiáveis de listas técnicas de produtos finais, informação precisa sobre entrega de fornecedor, para se calcular corretamente a quantidade certa e segura para a produção. Identificou-se também a necessidade de recursos como softwares confiáveis, treinamentos com uso de ferramentas estatísticas e entrada de dados confiáveis e reais no sistema. O processo será monitorado, por meio de relatórios mensais extraídos do SAP. Algumas atividades deverão ser realizadas para atingimento de melhoria proposta: acompanhar indicador de rotatividade, buscando-se atingir nível 2; realização de *brainstorming* para busca de causas de possíveis gargalos em compras e uso de métodos estatísticos para medir desvios de processo.

Controlar: Será realizado com o auxílio de relatórios provenientes do SAP e monitoramento do desenvolvimento das ações realizadas para se atingir rotatividade 2. Estreitamento da relação com fornecedor na busca do cumprimento de prazos e quantidades estabelecidos. Controle mais apurado de informações transmitidas entre departamentos. Assim que objetivo proposto for atingido, deve-se buscar novos pontos a melhorar e aplicar novamente os passos do DMAIC.

4. DMAIC: análise de sua aplicabilidade

Analisando-se os três casos, nota-se que a motivação dos três casos reside, semelhantemente, na redução de desperdício, na melhoria de processo e no ganho financeiro decorrente; talvez justamente por ser identificado esse tipo de problema que se escolheu aplicar o Seis-Sigma, que ficou mundialmente famoso devido a tais contribuições.

Na etapa Definir, todos os casos analisados se valeram de dados e informações coletadas para definir o problema a ser atacado. Utilizaram-se de bases de dados já prontas ou elaboraram mecanismo de coleta de dados.

Na etapa Medir, ferramentas estatísticas foram utilizadas para traçar o estado atual de caso processo como Diagramas de Pareto, Fluxograma Acumulado e cálculo de variância e para ajudar a traçar metas de melhoria, bem como prevê o método.

Na etapa Analisar, todos os três utilizaram o Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe para identificar a causa-raiz do problema em questão.

Na etapa Melhorar, tanto ferramentas estatísticas quanto não estatísticas, como FMEA e 5W1H, foram utilizadas. Traçaram-se ações a serem realizadas de forma a atingir a meta proposta. As ações buscavam sanar a causa-raiz identificada na etapa analisar. Responsáveis pelas melhorias foram nomeados e prazos foram estabelecidos.

Na etapa Controlar, todos se valeram de gráfico de controle para ir monitorando desempenho do processo que foi melhorado para que este mantenha índices de acordo com a necessidade e bom desempenho da empresa.

Todos atingiram a meta, uns mostrando expressivos resultados como é o caso da empresa desenvolvedora de *software* que saltou no seu processo de lógico de 3,74 para 5,74 sigma e para a empresa construtora que conseguiu redução de não conformidades de 26%, quando o esperado era de 25%.

Pelos relatos, não é possível saber se existiam, bem definidos, os papéis previsto pelo Seis -Sigma; o que chegou mais perto disto foi o caso da rotatividade do fio de cobre, que diz claramente ter montado time de projeto, mas não aponta a existência de patrocinador, master black belt, black belt e de outros. Em contra partida, percebe-se que as pessoas envolvidas tinham conhecimento das ferramentas estatísticas, as quais o Seis-Sigma tem como base em sua metodologia, e que é ponto de sucesso do programa, como relata Berdebes (2003) *apud* ARIENTE *et. al* (2005): “[...] o sucesso do programa Seis Sigma depende de profissionais devidamente treinados, que tenham o domínio de várias ferramentas de qualidade e de avançadas análises estatísticas.”

Em todos os casos é relatado que o ciclo DMAIC foi ou seria rodado novamente para que novos pontos a melhorar sejam encontrados e assim se estabeleça um processo de melhoria contínua.

Por fim, nota-se uma consonância total com a literatura, que prevê uso de ferramentas, estatísticas e não estatística, que recomenda a execução de todas as etapas do DMAIC, sem que uma inicie antes da outra terminar, que aponta para a necessidade de se definir bem o problema, as metas de melhoria, baseadas no estado atual do processo, e de elucidar a causa-raiz do problema, tomar atitudes de melhoria e controlar o processo e novamente aplicar o método para outros pontos a melhorar e, tudo isso foi realmente utilizado nos casos.

Percebe-se então que o DMAIC tem quanto à usabilidade uma grande abrangência, pois abarcou três diferentes processos de melhoria, com três problemas-alvo diferentes, que necessitaram de algumas ferramentas estatísticas e não-estatísticas, e que gerou resultado satisfatório em todos dos casos analisados. Percebe-se também que o método sugere passos simples e de fácil compreensão para ser aplicado, sendo então bastante útil e adequado.

5. Conclusão

Este trabalho objetivou avaliar a utilidade prática do DMAIC por meio da avaliação de casos diferentes entre si que utilizaram esse método para melhoria de processo. Constatou-se que o método de implantação do Seis-Sigma é bastante versátil, pois pode ser aplicado com sucesso em diferentes processos de indústrias diferentes tais como software, construção civil e em gerenciamento de estoque.

Além disso, ele se mostrou eficiente, pois trouxe as melhorias almejadas em todos os estudos de casos, quando não os resultados se mostraram superiores a meta esperada.

Pôde-se constatar que a objetividade trazida pelos métodos estatísticos propiciou o estabelecimento de metas mais concretas, ou seja, passíveis de serem atingidas no tempo esperado, pois estas foram traçadas em cima também de valores, que retratavam a situação atual de desempenho do processo a ser melhorado.

Um outro aspecto do DMAIC que vale a pena ser ressaltado é o fato dele frisar a busca e a obtenção da causa-raiz do problema de forma eficaz, tendo isso como objetivo final de um dos passos da metodologia e não simplesmente, como acontece muitas vezes, como algo que deve ser observado, tratado como uma recomendação.

6. Referencias bibliográficas

- ANTONY, J. e BANUELAS, R. *Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program*. **Measuring Business Excellence**, v.6, n.4, 2002, pp . 20-27.
- ARIENTE, M.; CASADEI, M. A. GIULIANI, A. C.; SPERS, E. E. Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma. **Rev. FAE**, Curitiba, v.8, n.1, p.81-92, jan./jun. 2005.
- CAMPOS, M.S. Seis Sigma - Presente e Futuro, 2003. Disponível em <http://www.siqueiracampos.com/art_jan_03.htm>. Acesso em: julho de 2006.
- CARRION, C.W. Aplicação do método dmaic na construção civil : estudo de caso de obra habitacional. **Anais do XII SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de Novembro de 2005.
- DAFFRE, S. Seis Sigma- uma metodologia de sucesso, 2004. Disponível em <<http://www.saebrasil.org.br/imprensa/artigos/exibe.asp?codigo=6>>. Acesso em: Julho de 2003.
- HSM Management, **Seis Sigma: Perguntas mais frequentes sobre o Seis Sigma**. São Paulo: HSM do Brasil, n. 38, 2004. Disponível em <http://www.companyweb.com.br/lista_artigos.cfm?id_artigo=62>. Acesso em: julho de 2006.
- KESSLER, R. **A implantação do Seis Sigma em organizações: motivações de escolha e resultados obtidos**.113f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2004.
- QSP. **Visão Geral da Estratégia Seis-Sigma**. Disponível em <http://www.qsp.org.br/visao_geral.shtml>. Acesso em : julho de 2006.
- RENGEL, E.; PEREIRA, M.G.; HOFFMANN, M.R. e OLIVEIRA, P.E.C. **Seis-Sigma. Uma ferramenta contra falhas**, 2006. Disponível em <http://www.companyweb.com.br/lista_artigos.cfm?id_artigo=188>. Acesso em: julho de 2006.
- SENA, A. A.; MODESTO, I. C.; SILVA, C. E. S. Aplicação da metodologia DMAIC no estudo da rotatividade de fio de cobre redondo numa empresa multinacional francesa. **Anais do XXIII ENEGEP** – Ouro Preto, MG, Brasil, 22 a 24 de outubro de 2003.
- TONINI, A. C.; LAURINDO, F. J. B.; SPINOLA, M. M. O Seis Sigma na melhoria dos processos de software. **Anais do XII SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de Novembro de 2005.
- WERKEMA, C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Werkema Editora, 2004.
- WERKEMA, C. **Seis-Sigma – Passo a Passo**. Disponível em <http://www.simpep.feb.unesp.br/palestra_3.ppt>. Acesso em: julho de 2006.