FINAL DE MESTRADO PROFISSIONAL DEFENDIDO PO
ROMEU APARECIDO BALABEN
E APROVADO PELA COMISSÃO JULGADORA EI
20 / 08 / 04.

ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para Melhoria no Processo na Área de Engenharia de Fábrica em uma Empresa Montadora.

Autor: Romeu Aparecido Balaben

Orientador: Prof. Dr. Ademir José Petenate

08/04

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para Melhoria no Processo na Área de Engenharia de Fábrica em uma Empresa Montadora.

Autor: Romeu Aparecido Balaben
Orientador: Prof. Dr. Ademir José Petenate

Curso: Engenharia Mecânica – Mestrado Profissional
Área de Concentração: Gestão da Qualidade Total

Trabalho final de Mestrado Profissional apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica / Gestão da Qualidade Total.

Campinas, 2004.
S. P. – Brasil.

INIDADE
CHAMADA
T UNICAMP
B18a
EX
OMBO BC/ 61523
ROC 16-86-05
C ☐ D ☒
IEÇO 11,00
ATA 03-01-05
CPD
ibid 322037

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B18a

Balaben, Romeu Aparecido
Aplicação da metodologia seis sigma – modelo DMAIC – para melhoria no processo na área de engenharia de fábrica em uma empresa montadora / Romeu Aparecido Balaben.-- Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Ademir José Petenate
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Metodologia. 2. Gestão da qualidade total. I. Petenate, Ademir José. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Trabalho Final de Mestrado Profissional

"Aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para Melhoria no Processo na Área de Engenharia de Fábrica em uma Empresa Montadora"

Autor: Romeu Aparecido Balaben
Orientador: José Ademir Petenate

Prof. Dr. José Ademir Petenate, Presidente
UNICAMP

Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima
UNICAMP

Prof. Dr. Eduardo Gurgel do Amaral
UNICAMP

Campinas, 20 de agosto de 2004

Agradecimentos

À Diretoria da Caterpillar Brasil Ltda, pela oportunidade, apoio e incentivo, tornando possível a realização desse projeto.

Ao Professor, Dr. Ademir José Petenate, pela orientação, compreensão e apoio que ofereceu para que este projeto se tornasse realidade, dedicando parte do seu tempo a esta dissertação em detrimento de seus inúmeros afazeres. A minha gratidão e meu desejo de que Deus abençoe sempre a sua vida, sua família e seus trabalhos.

À banca examinadora, por sua valiosa contribuição na análise e julgamento desta dissertação.

À minha esposa Sonia, meus filhos, Fernanda e Vinicius e à minha mãe, Thereza, pelo efetivo e dedicado apoio.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho, que sempre torceram por mim.

A todos, não mencionados, que, de alguma forma, colaboraram com este trabalho.

E, acima de tudo, dou graças a Deus pelo seu grande amor com minha alma, e louvo o seu Nome pela sua bondade e sua misericórdia sempre presente na minha vida e na da minha família.

Resumo

BALABEN, Romeu Aparecido, *Aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para Melhoria no Processo na Área de Engenharia de Fábrica em uma Empresa Montadora*, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 70 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

O presente trabalho estuda a aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para a Melhoria no Processo na Área de Engenharia de Fábrica, na Caterpillar Brasil Ltda, unidade de Piracicaba, SP; decorrente da recomendação do Projeto Seis Sigma que visava a Melhoria no Gerenciamento dos Trabalhos de Terceiros.

A aplicação da Metodologia é apresentada por meio de estudo de caso, onde se demonstram as etapas realizadas em cada fase da aplicação do Modelo DMAIC, para se obter uma melhoria de um processo, através da medição antes e depois das implementações.

A utilização do Processo Seis Sigma aumenta as chances de que resultados positivos sejam alcançados. Isso se deve a sua estrutura, que, em cada fase, emprega várias outras ferramentas básicas, focando em detalhes; possibilitando uma análise do processo, um embasamento para a tomada de decisão de mudanças visando uma melhoria.

Palavras Chave

- Seis Sigma, Metodologia para Melhoria de Processo.

Abstrat

BALABEN, Romeu Aparecido, *Application of the Methodology Six Sigma - Model DMAIC - for Improvement in the Process in the Area of Engineering of Factory in an Assembler Company*, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 70 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

The present work has studied the application of the Methodology Six Sigma - Model DMAIC - for the Improvement in the Process in the Plant Engineering Area, at Caterpillar Brazil Ltda, Piracicaba unit, S.P.; due to the recommendation of the Project Six Sigma which has sought the Improvement in Third Parties Management.

The application of the Methodology has been presented by means of case study, where the stages are demonstrated accomplished in each phase of Model DMAIC application, to obtain an improvement of a process, through the mensuration before and after the implementations.

The use of the Process Six Sigma increases the possibilities of positive results they are reached. That is due its structuring, it has used in each phase several basic tools, focusing details; making possible an analysis of the process, a basement for the taking of decision of changes animing at an improvement.

Key Words:

- Six Sigma, Methodology for Improvement of Process.

Índice

Lista de Quadros ii

Lista de Gráficos iii

Lista de Figuras v

Abreviaturas vi

Capítulo 1 – Introdução 1

Capítulo 2 – Considerações 4

Capítulo 3 – Modelo de Implementação DMAIC 22

Capítulo 4 – Estudo de Caso: Reestruturação da Engenharia de Fábrica – Área de Projetos 35

Capítulo 5 – Conclusão 65

Referências Bibliográficas 68

Lista de Quadros

2.2.1 – Origens do Programa Seis Sigma 09

2.4.1 – Visão Geral das Características Básicas dos "Personagens" do Seis Sigma 21

3.2.1 – Definir 25

3.2.2 – Medir 27

3.2.3 – Analisar 29

3.2.4 – Melhorar 31

3.2.5 – Controlar 33

4.5.1.2.1 – Classificação dos 28PL's – Similaridades 45

4.5.1.2.2 – Estudos 28PL's – Relação Custo/Peso 46

4.5.1.3.1 – Alinhamento entre os produtos 28PL's – Grupos 1 e 2. 48

4.5.1.3.2 – Formação do Grupo Único. 50

4.5.1.5.1 – Composições para Negociações e/ou Realimentos. 54

Lista de Gráficos

4.4 – Distribuição de Custos Anuais 40

4.5.1.3.1 – Relações Custo/ Peso para produtos do Grupo 1. 47

4.5.1.3.2 – Curvas de Tendência para os 28PL – Grupo Único 50

4.5.1.5.1 – 28PL – Reduções Percentuais Mensais – 2003 51

4.5.1.5.2 – 28PL's – Quantidades Realizadas 52

4.5.1.5.3 – 28PL's – Porcentagens Realizadas 53

4.5.2.5.1 – 28PE – Reduções Percentuais Mensais – 2003 57

4.5.2.5.2 – 28PE's – Quantidades Realizadas 58

4.5.2.5.3 – 28PE's – Porcentagens Realizadas 58

4.5.3.2.1 – Macro atividades dos Projetistas 61

4.5.3.5.1 – Projetos Terceirizados – Ganhos Mensais – 2003 63

4.5.3.5.2 – Orçamentos – Quantidades Realizadas 63

4.5.3.5.3 – Orçamentos – Porcentagens Realizadas 64

Lista de Figuras

2.1 – Principais fatores responsáveis pelo Sucesso do Seis Sigma 7

3.1.1 – O modelo DMAIC 22

3.1.2 – Desmembramento do ciclo DMAIC no PDCA 23

4.5.1.1 – Dispositivo 28PL carrinho da linha Principal 43

4.5.2.1 – Dispositivo Levantador com correntes e ganchos forjados 54

Abreviaturas

AutoCad .....: Programa de computador para uso desenhos

CBL .....: Caterpillar Brasil Ltda

GQT .....:Gestão de Qualidade Total ou Melhoria Contínua de Processos

MP2 .....: Programa de computador para uso no monitoramento e controle de serviços

OS .....: Ordens de Serviços

OSE .....: Ordem de Serviço Especial

RCC .....: Requisito Crítico do Cliente

SSE .....: Solicitação de Serviço Especial

Capítulo 1

Introdução

O objetivo deste trabalho é apresentar o uso da Metodologia Seis Sigma e seus resultados aplicados no projeto de reestruturação na Engenharia de Fábrica, conseqüência da recomendação de um dos onze projetos Seis Sigma que foram realizados na Caterpillar Brasil Ltda durante o ano de 2001. O projeto buscava a melhoria no Gerenciamento no Processo de Terceiros.

O trabalho de reestruturação foi baseado na aplicação da Metodologia Seis Sigma, no modelo de implementação DMAIC. A recomendação do projeto principal é que havia a necessidade de:

- Redefinir os Escopos de Fornecimento dos Trabalhos de Terceiros;
- Definir Responsabilidades e Controles;

A exemplo de outras companhias, desde janeiro de 2001, todas as plantas da Caterpillar vêm implementando a Metodologia Seis Sigma, como estratégia para obter excelência de desempenho; integrando em larga escala mudanças fundamentais – processos e cultura – para atingir e sustentar resultados, quebrar barreiras das unidades de negócio, desenvolver e fortalecer processos através da cadeia de valores, eliminando atividades que não agregam valor ao trabalho cotidiano, racionalizando operações e reduzindo tempos de produção, procurando adicionar bons resultados à Corporação.

O conhecimento da metodologia Seis Sigma está sendo multiplicado rapidamente dentro da

Caterpillar, trazendo vantagens para os empregados, acionistas e clientes. O Seis Sigma é o Fator Crítico de Sucesso Número Um da Caterpillar, considerado uma Metodologia que ajudará a alavancar e aperfeiçoar a sua liderança e o de alcançar o seu objetivo de ser o principal fornecedor de valor reconhecido pelos seus clientes, através de seus produtos e serviços.

No capítulo 2, é feita uma abordagem sobre a Metodologia do Seis Sigma, as considerações sobre o programa, um breve histórico, os casos de sucesso e comparações com outros programas de qualidade. É mostrada uma estrutura comumente utilizada, os cargos e as hierarquias, os treinamentos necessários aos componentes da equipe, as habilidades necessárias, a possibilidade de carreira dentro da função, o tempo de dedicação necessária ao bom desempenho de suas atribuições.

No capítulo 3, é detalhada a metodologia DMAIC – (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) – em cada uma destas etapas é apresentado seus objetivos, as principais atividades, as ferramentas normalmente utilizadas e o que cada etapa produz como resultado.

No capítulo 4, é apresentado o estudo de caso, que envolve os projetistas da área da Engenharia de Fábrica da Caterpillar – fábrica de Piracicaba, SP – derivado de um Projeto Seis Sigma: "Projeto de Melhoria no Gerenciamento de Terceiros". O objetivo era de disponibilizar recursos a atender a recomendação do projeto que eram:

- Reestruturação da Engenharia de Fábrica, área responsável pelo gerenciamento de parte dos trabalhos dos Terceiros que, por não ter completo monitoramento sobre as atividades exercidas – não conhece perfeitamente o processo, muito das atividades não estão claramente definidas – fazia com que os trabalhos da Engenharia de Fábrica e do Prestador de Serviços se confundissem;
- Redefinição dos escopos de fornecimento dos Prestadores de Serviços; introduzindo Controle de Desempenho e Penalidades, e praticando pagamento por trabalho realizado e não mais por cessão de Mão-de-Obra;

No capítulo 5, é apresentada a conclusão da aplicação da Metodologia Seis Sigma, que resultou ganhos em monitoramento, em potencialidades de novas melhorias, no conhecimento dos seus processos, permitiu também conhecer o que realmente o cliente deseja da atuação da

Engenharia de Fábrica, quais os requisitos críticos que ela precisa para melhor satisfazer a seus clientes.

O Programa Seis Sigma tem sido tão importante para a Caterpillar Inc. que o seu presidente mundial, Glen Barton, é o gerente de projetos desse programa, tendo uma atuação muito intensa no acompanhamento, no monitoramento, e no seu desenvolvimento. E com o projeto Seis Sigma ela pretende atingir sua metas, para seus negócios e no atendimento aos seus clientes.

Capítulo 2

2.1 – Considerações

Nesse capítulo será apresentada uma visão geral da Metodologia Seis Sigma, abordando conceitos, definições, objetivos, fundamentos, histórico, comparações e estrutura.

2.1.1 – Conceitos e Visões sobre o Seis Sigma

O Seis Sigma foi desenvolvido na Motorola, no final da década de 80, como meio de oferecer um foco claro sobre a Melhoria e de auxiliar a acelerar a taxa de mudança em um ambiente de competição acirrada. O conceito, as ferramentas e o sistema Seis Sigma evoluíram e expandiram-se ao longo dos anos – mais recentemente, através de sua utilização pela GE e pela AlliedSignal/Honeywell – e isto tem auxiliado a reavivar continuamente o interesse e a redobrar os esforços de melhoria de processos e de qualidade.

A **Revista Qualidade** (2000) enfatiza que o Seis sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. O termo "sigma" mede a capacidade do processo em trabalhar sem falhas. Alcançar o Seis Sigma requer uma metodologia focalizada no processo, que deve ser aplicada de cima para baixo. O sucesso depende da incorporação de treinamento, padronização, priorização, numerosas expectativas, medições de desempenho e comparação continua. Tudo deve ser feito num determinado período para alcançar uma meta organizacional preestabelecida.

Campos (1999) considera que o Seis Sigma é uma estratégia de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. "O conceito Seis Sigma" é uma nova forma para medir o quanto um processo é bom. Quando um processo tem Seis Sigma isto nos diz que sua qualidade é excelente, significando que a probabilidade de produzir defeitos é extremamente baixa. Essencialmente, o sigma é uma medida estatística para medir a taxa de falhas. Quando o sigma é baixo, 1 ou 2 , significa que as taxas de falhas são extremamente elevadas. Quando o sigma é alto, 5 ou 6, as falhas são extremamente raras.

Moura (2000) diz que o objetivo principal de um programa Seis Sigma é equivalente à redução da variação de resultados a taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição. Seis sigma está muito associado a um modelo de Gestão da Qualidade implementado por conceituadas companhias, que tem como objetivo atingir melhor qualidade, maior produtividade e lucratividade nos negócios.

Perez–Wilson (1999) analisa o Seis Sigma como sendo são muitas coisas: uma estatística, uma medida, uma estratégia, um objetivo, uma visão, um benchmark e uma filosofia. O Seis sigma é incorretamente suposto e assumido como um método por alguns. Tantas possibilidades têm levado inevitavelmente a muita indecisão e confusão sobre o Seis Sigma. O Seis Sigma é um nível otimizado de performance que se próxima a zero defeito em um processo de confecção de um produto, serviço ou transação. Ele indica a obtenção e a manutenção de uma performance de alto nível. O Seis Sigma não é um método. Ele é um fim, não um meio.

Perez – Wilson (1999) ainda enuncia as várias diferentes maneiras que o Seis Sigma pode ser usado:

Seis Sigma – o Benchmark. O Seis Sigma é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos entre outros.

Seis Sigma – a Meta. O Seis Sigma também é uma meta de qualidade. A meta do Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeitos, erros ou falhas. Mas não necessariamente zero, é, na verdade, 0,002 partes por milhão de unidades defeituosas – 0,002 defeitos por milhão ou 0,002

ppm, para fins práticos igual a zero. Não é 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas, como é erroneamente citado por alguns.

Seis Sigma – a Medida. O Seis Sigma é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos dois sigma, implicando mais ou menos 2 sigmas dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto. O número de não-conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Se compararmos com um processo de 4 sigmas, (± 4 sigmas), onde podemos ter mais ou menos sigmas dentro das especificações, aqui teremos um nível de qualidade significativamente melhor. Então, quanto maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade.

Seis Sigma – a Filosofia. O Seis Sigma é uma Filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão-de-obra, método, metrologia, materiais, ambiente) e redução de sua variabilidade para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância.

Seis Sigma – a Estratégia. O Seis Sigma é uma estratégia baseada na inter-relação que existe 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 o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência que eles possam ter sobre a satisfação do mesmo.

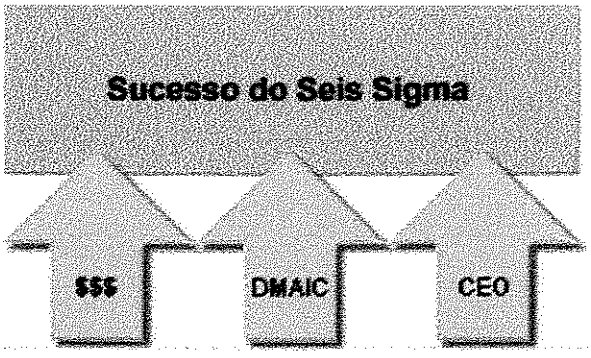
Seis Sigma – a Visão. O Seis Sigma é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução de variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente. Oferecendo mais, os consumidores querem comprar mais, em oposição a ter vendedores bajulando-os na tentativa de convencê-los.

Seis Sigma – o Valor. O Seis Sigma é um valor composto, derivado da multiplicação de 12 vezes um dado valor de sigma, assumindo 6 vezes o valor de sigma dentro dos limites de controle para a esquerda da média e 6 vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle a direita da média em uma distribuição Normal.

2.1.2 A Base Para o Sucesso do Seis Sigma.

Verkema (2002) considera que o Seis Sigma parece não envolver nada novo: são usadas ferramentas estatísticas conhecidas há anos na busca da eliminação de defeitos ao longo de todos os processos da empresa. No entanto, apesar de as ferramentas do Seis Sigma não serem novidades, sua abordagem e forma de implementação são únicas e muito poderosas, o que explica o sucesso do programa.

Figura 2.1: – ***Principais Fatores Responsáveis pelo Sucesso do Seis Sigma.***



Fonte: Werkema, Maria Cristina - Criando A Cultura Seis Sigma. Qualitymark Editora Ltda,2002, p9.

Na figura 2.1, Verkema mostra toda base para sustentação do Seis Sigma. O pilar identificado como "$$$" representa a mensuração direta dos benefícios do programa pelo aumento da lucratividade da empresa (*"bottom-line results"*), que é o principal diferencial em relação aos tradicionais programas para melhoria da qualidade. O pilar "CEO" significa o elevado comprometimento da alta administração da empresa, enquanto "DMAIC" é o método estruturado para atingir as metas utilizado no Seis Sigma.

Outros aspectos importantes para o sucesso do Seis Sigma são o foco na satisfação do consumidor (a partir das "características críticas para a qualidade" – *critical to quality* ou *CTQs*), a busca contínua da redução da variabilidade, a adaptação para o projeto de produtos e processos *(Design for Six Sigma – DFSS)* e a aplicação efetiva a processos administrativos, de serviços ou de transações e não somente a processos técnicos.

2.2 – Breve Histórico

O Seis Sigma nasceu na Motorola em 15 de janeiro de 1987, com o objetivo de tornar a empresa capaz de enfrentar os concorrentes estrangeiros, que estavam fabricando produtos de melhor qualidade e a um custo mais baixo.

A historia de Seis Sigma se inicia na Motorola, conforme Quadro 2.2.1 – Origens do Programa Seis Sigma, quando um engenheiro (Mikel Harry) começa a influenciar a organização para que se estude a variação nos processos (enfocado nos conceitos de Deming), como uma maneira de melhorar os mesmos. Estas variações são medidas através do desvio padrão (ao redor da média), a qual se representa pela letra grega sigma. Esta iniciativa se converteu no ponto central do esforço para melhorar a qualidade na Motorola, capturando a atenção do Bob Galvin, o CEO da empresa.

Em 1982, a Motorola descobriu que os problemas que ocorriam do lado de fora da empresa, também ocorriam nos processos internos. A alta direção lançou um novo programa chamado: 10 vezes melhor em 5 anos.

Em 1985, a empresa focou mais nos ciclos de produção fundamentada na decisão de que no tempo de ciclo, além do tempo de entrega, também era importante. Como muitas empresas na época, a Motorola não tinha um programa de qualidade, ela possuía vários.

Entre 1986 e 1987, quando a Motorola era liderada por George Fisher, ela iniciou o uso de benchmarking e descobriu que estava muito além de seus concorrentes. Nesse momento ela alterou novamente o seu programa de melhoria de qualidade e deu o nome de Seis Sigma. O Seis Sigma ofereceu a Motorola, uma maneira simples e eficiente de acompanhar o seu desempenho, foi através do Seis Sigma, que o seu presidente do conselho na época, Bob Galvin, deu a Motorola energia extra para atingir os objetivos que pareciam impossíveis.

O Comitê de Política Corporativa da Motorola atualizou então a Meta da Qualidade em melhorar a qualidade de produtos e serviços em 10 vezes até o ano de 1989 e pelo menos obter a

Quadro 2.2.1 – *Origens do Programa Seis Sigma*

O R I G E N S D O P R O G R M A S E I S S I G M A

Definições	Empresas	Fatos e Datas	Proposta de Implementação
<u>Segundo Mikel Harry e Richard Schroeder:</u> Breakthough strategy para a melhoria da qualidade, redução de custos e melhoria da satisfação dos clientes. Um processo de negócio que permite que as empresas melhorem drasticamente suas atividades de forma a reduzir desperdícios ao mesmo tempo em que aumenta a satisfação dos clientes. <u>*Segundo a GE:*</u> Metodologia baseada em definir, medir, analisar, melhorar e controlar (DMAIC) a qualidade dos produtos , processos e transações de uma empresa com o objetivo final de eliminar defeitos. Fortemente baseado em conceitos e técnicas estatísticas.	Motorola	▪ Surgiu na década de 80 como um programa de melhoria contínua, baseado no conceito de capabilidade dos processos; ▪ Iniciado por Bill Smith, estruturado por Mikel Harry, sob a presidência de Robert Galvin; ▪ Foi um dos impulsionadores para a Motorola ganhar o Malcom Baldrige em 1988; ▪ O termo Six Sigma é trade mark da Motorola.	<u>Processo estruturado em (5) fases</u>: ▪ Definir: - definir objeto de estudo; ▪ Medir: - Selecionar uma ou mais características CTQ; - Medir e registrar os dados; - Estimar a capabilidade do processo; ▪ Analisar: - Benchmark medidas de desempenho chave do produto; - Identificar os fatores que levam a um desempenho superior; ▪ Melhorar: - Variáveis críticas de processo são identificadas; - Descobrir relacionamentos entre variáveis; - Estabelecer tolerâncias de operação; - Melhorar a capabilidade dos processos; ▪ Controlar: - Documentar e controlar as condições de operação do processo e resultados obtidos.
	General Eletric	▪ Na decáda de noventa aplicado com o sucesso na GE: - Em 1998, a revista Business Week divulgou em uma reportagem que a GE teve uma economia de custos da ordem de US$ 330 milhões em decorrência do programa Seis Sigma;	
	Outras	▪ Na década de 90, Mikel Harry iniciou o Six Sigma Reseach Institute; ▪ Em 1994, Richard Schroeder fundou o Six Sigma Academy; ▪ Em 1993 Harry foi para a ABB: o progrma Seis Sigma na ABB resultou em redução de 68 % do índice de defeitos e 30% de redução dos custos do Produto.	

casa de 100 vezes até 1991. Alcançar a capacidade Seis Sigma até 1992. Com um profundo senso de urgência, disseminar dedicação à qualidade em cada faceta da corporação e alcançar uma cultura de melhoria contínua com o intuito de assegurar a Satisfação Total do Cliente. Existe apenas uma meta principal: zero defeito – em tudo o que fazemos.

O Seis Sigma tornou-se muito mais do que um nome memorável. Ele reflete a filosofia de buscar sempre a perfeição ou excelência em tudo o que uma organização faz. O Seis Sigma é um programa para produzir mudanças em uma organização. Ele trouxe significativos benefícios à Motorola, pois o programa Seis Sigma fez com que em torno de 100.000 pessoas espalhadas por todo o mundo, com responsabilidades, educação, línguas e culturas muito distintas se conscientizassem e focalizassem um único tópico: reduzir o valor do SIGMA no processo.

A Motorola havia procurado um nome de fácil memorização para causar um impacto na organização, quando o novo conceito de redução da variação fosse apresentado. Em "Seis Sigma" eles encontraram o que procuravam. Porém, como haviam criado uma compreensão mais clara do que a terminologia de Doze Sigma ou adicionando o ± (mais ou menos) ao termo Seis Sigma, o termo Seis Sigma acabou por gerar muita confusão devido a seu conflito com o Seis Sigma da Academia.

O Seis Sigma da Academia se refere a uma instituição fundada pelo Dr. Mikel Harry e Richard Schroeder, em 1994, incentivados, depois do grande êxito na apresentação, em 1993, dos princípios do Seis Sigma aos executivos da Asea Brown Boveri. O Dr. Harry desenvolveu as metodologias inovadoras da qualidade (sabidas como Seis Sigma) em 1984, ao servir como coordenador da equipe de funcionários sêniores no grupo da eletrônica da Motorola. O Dr. Schroeder, então vice-presidente da subsidiaria da Motorola Codex, aplicou as metodologias da qualidade em sua divisão, conseguindo resultados imediatos e significativos.

2.2.2 – Histórias de Sucesso

Para **Pande** (1999) o Seis Sigma deu à Motorola "músculos" extras para chegar ao que na época pareciam objetivos de melhoria impossíveis: Uma meta inicial no começo dos anos 80, de melhorar dez vezes ao longo de cinco anos foi sobrepujada por um objetivo de melhorias dez

vezes a cada dois anos – ou cem vezes em quatro anos. Como o objetivo Seis Sigma era importante, foi dada muito mais atenção à taxa de melhorias nos processos e produtos.

A retomada da Motorola foi tão notável, que, em apenas dois anos após ter lançado o Seis Sigma, a Motorola foi honrada com o Malcom Baldrige National Quality Award. O número total de funcionários da empresa aumentou de 71.000 em 1980 para mais de 130.000, em 1999. Neste meio tempo, na década entre o início do Seis Sigma em 1987 e 1997, as realizações incluíram o crescimento de cinco vezes nas vendas, com lucros subindo quase 20 por cento ao ano; uma economia acumulada decorrente do esforço Seis Sigma fixada em US$14 bilhões; e ganhos no preço das ações da Motorola aumentaram para uma taxa anual de 21,3 por cento.

Tudo isso, em uma empresa como a Motorola, cujo futuro estava em jogo no início dos anos 80. (Apesar do final dos anos 90 ter apresentado alguns desafios difíceis para a Motorola – baseados principalmente em obstáculos e competição nos negócios de telefonia celular e via satélite – a empresa atingiu, em 1999, a maioria das áreas atuando no azul).

Os resultados que a Motorola alcançou em nível de corporação foram novamente produto de centenas de esforços de melhoria individuais afetando projeto de produtos, fabricação e serviços em todas as suas unidades de negócios. Ala Larson, um dos primeiros consultores internos do Seis Sigma na Motorola, que posteriormente ajudou a espalhar o conceito à GE e à Allied Signal, diz que os projetos afetaram dezenas de processos administrativos e transacionais. Em relação à responsabilidade ao cliente e à entrega de produtos, por exemplo, as melhorias em medição e um foco em uma melhor compreensão das necessidades dos clientes – juntamente com novas estruturas de gerenciamento de processos – possibilitaram largos passos em direção a serviços melhorados e pontuais.

Mais do que um conjunto de ferramentas, porém, a Motorola aplicou o Seis Sigma como uma maneira de transformar os negócios, uma maneira impulsionada pela comunicação, treinamento, liderança, trabalho em equipe, medição e um foco nos clientes.

A partir da divulgação do sucesso da Motorola, outras empresas, tais como Asea Brown Boveri, AlliedSignal, General Electric e Sony passaram a utilizar o Seis Sigma.

Werkema (2002) relata casos de sucesso, como na ABB foi obtido um ganho médio de US$ 898 milhões/ano em um período de dois anos, redução de 68% nos níveis de defeitos e 30% de redução nos custos de produção. Também houve uma redução de US$ 87 milhões no custo de material comprado, por meio da extensão do programa Seis Sigma aos fornecedores da empresa".

Pande (1999) descreve o caso de sucesso da Allied Signal como uma história de sucesso do Seis Sigma que liga a Motorola e a GE – com o novo nome de Honeywell, após sua fusão em 1999. Larry Bossidy foi o principal executivo – um antigo executivo da GE que assumiu o controle da Allied Signal em 1991 – que convenceu Jack Welch de que o Seis Sigma era algo que valia a pena ser considerado. Welch tinha sido um dos poucos altos gerentes que não tinha se convencido do movimento da Qualidade Total nos anos 80 e início dos anos 90.

A Allied começou suas próprias atividades de melhoria da qualidade no início dos anos 90 e, por volta de 1999, estava economizando mais de US$ 600 milhões ao ano, graças ao amplo treinamento de funcionários em Seis Sigma e à aplicação de seus princípios. As equipes do Seis Sigma da Allied estavam aplicando os mesmos princípios ao projeto de novos produtos, como motores de aeronaves, reduzindo o tempo do projeto à certificação de 42 para 33 meses. A empresa confere ao Seis Sigma o mérito do aumento da produtividade em 6 por cento em 1998 e de sua margem de lucro recorde de 13 por cento.

Desde que o esforço do Seis Sigma começou, o valor de mercado da empresa – durante o ano fiscal de 1998 – aumentou em vinte e sete por cento.

Os líderes da Allied vêem o Seis Sigma como mais do que apenas números, é uma afirmação de nossa determinação em buscar um padrão de excelência, usando cada ferramenta à sua disposição e nunca hesitando em reinventar a maneira pela qual os processos são realizados; e vêem no Seis Sigma uma maneira de pensar e de se comunicar.

A liderança do Seis Sigma na Allied Signal ajudou a empresa a ganhar reconhecimento como a empresa mais bem diversificada e a empresa aeroespacial global mais admirada.

Werkema (2002) acrescenta que a AlliedSignal, desde a implementação do programa (em

1994) até maio de 1998, obteve ganhos de US$ 1,2 bilhões e treinou seis mil pessoas. Um grupo de três *Black Belts* em um *site* da empresa executou um projeto cujo retorno foi de US$ 25 milhões. De modo diferente dos programas de qualidade anteriores da AlliedSignal, o Seis Sigma permitiu que o foco da empresa fosse, simultaneamente, no aumento da lucratividade (por meio da redução de custos) e na redução de defeitos (por meio da melhoria dos produtos, diminuição do tempo de ciclo e otimização de estoques). Na Allied Signal, a priorização do aumento da lucratividade permitiu que a empresa fabricasse produtos de melhor qualidade a custos baixos.

Pande (1999) relata que no caso da GE, Jack Welch, o CEO da GE, começou a se interessar pelo Seis Sigma a partir da experiência da Allied Signal. Em 1996, o primeiro ano do programa na empresa, a GE investiu US$ 200 milhões para treinar 200 *Master Black Belts* e 800 *Black Belts* na metodologia do Seis Sigma. Em 1997, a GE investiu US$ 250 milhões para treinar cerca de 4.000 *Black Belts* e *Master Black Belts* e mais de 60.000 *Green Belts*, de uma força total de trabalho de 222.000. No entanto, o investimento foi recompensado: somente em 1997 a GE aumentou sua receita operacional em US$ 300 milhões. Em 1998, os US$ 500 milhões investidos no Seis Sigma foram recompensados por ganhos da ordem de US$ 750 milhões. Em 1999 foram obtidos ganhos de US$ 1,5 bilhões.

E que, segundo Jack Welch, estes resultados financeiros são conseqüência do aumento de market share, à medida que os consumidores cada vez mais percebem os benefícios do programa Seis Sigma da GE em seus próprios negócios.

Werkema (2002) observa que no Brasil, o interesse pelo Seis Sigma também está crescendo a cada dia. Já há alguns anos, as empresas cujas unidades de negócio no exterior estavam implementando o programa, conhecem o Seis Sigma. A empresa pioneira na implementação do Seis Sigma com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor, que, em 1999, obteve mais de R$ 20 milhões de retorno a partir dos projetos Seis Sigma. O Brasmotor já treinou, até o ano de 2001, 8 turmas de *Black Belts* de áreas industriais, 2 turmas de *Black Belts* de áreas administrativas, 2 turmas exclusivas de *Black Belts* de fornecedores e 1 turma de *Green Belts*. Em 2001, além do Grupo Brasmotor, as empresas AmBev, Belgo Mineira, Votorantim, Alcan, Politeno, Johnson & Johnson, entre outras, estão implementando o Seis Sigma com o suporte de consultoria nacional.

Pande (1999) faz uma série de comparações entre o Seis Sigma e a Gestão de Qualidade Total, evidenciando os avanços em ferramentas, o potencial de melhoria que vai além dos alcançados através de muitos esforços do GQT, cujos programas de qualidade do passado eram geralmente vítimas de erros que prejudicavam a reputação do GQT – erros que poderiam ser facilmente repetidos pelas empresas que têm optado pelo Seis Sigma.

2.3 – Seis Sigma X GQT

2.3.1 – Falta de integração

GQT – Falta de Integração:

A qualidade sempre foi uma atividade "paralela", separada das questões-chave da estratégia e desempenho empresariais. Sinais de aviso incluíam um "conselho da qualidade" formado por representantes ao invés de pela equipe central de gerência ou um "departamento" de pessoal da qualidade sem ligações com os lucros e perdas ou quaisquer outras considerações da linha de resultados. Outra "lacuna de integração" surgiu quando gerentes médios de uma empresa foram deixados de fora do processo de decisão e a autoridade de solucionar problemas foi passada a equipes sobre as quais eles não tinham qualquer controle oficial. A integração real já estava sendo minada também, quando, apesar do termo qualidade "total", o esforço na verdade estava limitado a funções de produção e fabricação.

Seis Sigma – Ligações com a "Base" Pessoal e de Negócios:

As Organizações Seis Sigma estão colocando a Gerência, a Melhoria e a Medição de Processo em prática como parte das responsabilidades diárias especialmente de seus gerentes operacionais. Incentivos – como os bem divulgados 40% de bônus associados ao Seis Sigma – ajudam a reforçar a mensagem de que o Seis Sigma "faz parte do trabalho". Uma área que ainda exige atenção é a aplicação do Seis Sigma a recursos administrativos ou processos de serviços; entretanto, alguns enormes sucessos foram alcançados na unidade financeira da GE Capital Services.

2.3.2 – Uma Meta Obscura

GQT – Meta Obscura:

Muitas empresas tornaram a qualidade ainda mais imprecisa tendo metas que soavam positivas como "satisfazer ou superar as exigências dos clientes", sem maneira de acompanhar o progresso em direção a esta meta. Os métodos da qualidade ensinados nos anos 80 e 90 também conseguiram lidar com a realidade das diversas exigências do cliente em constante mutação. Sem ferramentas para realmente compreender as necessidades do cliente, a GQT em ação estava sujeita a tornar-se um sistema de "loop aberto", no qual uma empresa poderia encontrar as exigências do cliente de hoje, mas não estar pronta para as de amanhã. (Na verdade, isto parece ser o que aconteceu com várias "histórias de sucesso" da qualidade que depois se tornaram "histórias de horror" corporativo).

Seis Sigma – Determinar uma Meta Ambiciosa que Faça Sentido:

Uma meta clara é a peça central do Seis Sigma. É uma meta extremamente desafiadora, mas ainda crível, diferente das campanhas do passado por "defeito zero". Seja a meta expressa em rendimento (99,99966%), Defeitos por Milhão de Oportunidades (3,4 DPMO) ou Sigma (6σ), o pessoal envolvido em iniciativas Seis Sigma pode ver seus resultados crescerem; e pode calcular o impacto em dólares, também. Com mesma importância, focalizada em maneiras de acompanhar mudanças nas necessidades e exigências do cliente, as empresas Seis Sigma estão montando um sistema dinâmico de medir o desempenho baseando-se nas últimas e mais rigorosas exigências do cliente. Como a meta pode mudar ao longo do tempo, o sistema de loop fechado do Seis Sigma ajudará a organização a se ajustar.

2.3.3 – Mudanças

GQT – Mudanças por Incrementos versus Exponenciais:

Os ensinamentos da GQT sempre enfatizaram que mudanças deveriam ser feitas através de uma abundância de pequenas melhorias. Não havia exclusão explícita de uma mudança radical no kit de ferramentas da GQT, mas não se podia negar que uma certa impaciência havia crescido entre muitos líderes corporativos quando o conceito de "reengenharia" se expandiu. Isto se tornou

um clássico caso de "Tirania do Ou". Os defensores do GQT consideram a reengenharia uma marreta que deixou as empresas devastadas, enquanto o pessoal da reengenharia ridicularizava a GQT chamando-a de "inútil". Não havia meio termo. Era uma batalha que, em muitas empresas, deixou ambas as partes gravemente feridas ou mortas.

Seis Sigma – Mudança Exponencial por Incremento:

Uma das grandes oportunidades do Seis Sigma é poder começar de novo, com reconhecimento de que tanto pequenas melhorias quanto grandes mudanças são uma parte essencial da sobrevivência e do sucesso das empresas do Século XXI.

2.3.4 – Treinamento

GQT – Treinamento Ineficaz:

Usamos o termo "ineficaz" como uma generalização para a variedade de problemas que podem surgir durante o desenrolar do treinamento GQT. Na verdade, não há maneira perfeita de se treinar uma organização para a GQT – ou Seis Sigma. Sempre há desafios em questões de tempo (Quando é apropriado oferecer novas habilidades às pessoas?) profundidade (O quão detalhado isto precisa ser?) e recursos (Quanto tempo e dinheiro podem dedicar ao treinamento?). De forma alguma o treinamento GQT foi sempre ineficaz, mas ele tendia a ser "leve" e focalizava muito mais em ensinar o uso de ferramentas do que em fornecer um contexto claro sobre como fazer a melhoria funcionar.

Conseqüentemente, as pessoas conheciam as ferramentas, mas não quando nem como aplicá-las da melhor maneira. A ênfase do treinamento GQT era em projetos – esforços com limite de tempo, fora de linha – e, portanto não pareciam relevantes às responsabilidades diárias das pessoas (outro fator na falta de integração notada anteriormente). Talvez o pior de tudo, o treinamento da qualidade sempre foi vítima de um jogo de números, com o sucesso determinado pelo "número de pessoas treinadas" ou "equipes formadas".

Seis Sigma – Faixas-pretas, Faixas-verdes, Mestres Faixas-pretas:

As empresas Seis Sigma estão estabelecendo padrões muito exigentes de aprendizagem e as apoiando com os investimentos necessários de tempo e dinheiro para ajudar as pessoas a alcançarem estes padrões. Enquanto na maioria das organizações os treinamentos não levam mais de duas horas, os Faixas-pretas da GE – os primeiros condutores de melhorias Seis Sigma – têm três semanas de treinamento, com exames posteriores e aprendizagem contínua através de conferências e outros fóruns. Ainda mais impressionante é o compromisso do "Faixa-verde": cada funcionário da gerência recebe um mínimo de duas semanas de treinamento sobre os métodos do Seis Sigma. É fácil (e já ouvimos falar de muitos que fizeram isso) considerar o esforço da GE como sendo possível somente devido a seus enormes recursos. Mas não é justo supor que o pessoal da GE que está adquirindo estas habilidades seja menos ocupado do que o seu pessoal. A verdade é que o comprometimento com o treinamento é um sacrifício – um investimento – que está sendo feito conscientemente. Os seus cursos não precisam seguir os cursos da GE ou de qualquer outra empresa Seis Sigma para serem bem-sucedidos, mas o princípio de renovação e melhoria contínuas realmente demandam um investimento mais pesado e expectativas de aprendizagem maiores do que a maioria das empresas tem tradicionalmente suposto. Os outros desafios – ligar o treinamento ao trabalho das pessoas e criar medições de resultado que vão além de "tempo de assento nas carteiras" (a medida padrão de treinamento) – estão sendo cuidados tanto no projeto do treinamento quanto nas expectativas geradas nos treinamentos antes e depois de suas experiências de aprendizagem.

2.3.5 – Foco

GQT – Foco Sobre a Qualidade do Produto:

Muitos esforços pela qualidade se concentravam nos processos de produção ou de fabricação e não em serviços, logística, marketing ou outras áreas igualmente críticas. Sabemos, por exemplo, de uma empresa gráfica que estava focalizando suas equipes na eliminação de milímetros de desvio no corte de papel (com certeza, um importante fator da qualidade) enquanto seus outros processos estavam uma bagunça. Mesmo se a qualidade do produto fosse excelente, os clientes não o receberiam a tempo.

Seis Sigma – Atenção a Todos os Processos de negócios:

O Seis Sigma não somente trabalha em processo de serviço ou transacionais, mas provavelmente oferece mais oportunidades nestes processos do que em Fabricação. Logo o Seis Sigma tem o potencial para ser mais "total" do que a Qualidade Total!

2.4.1 – Estrutura

Para que o programa Seis Sigma tenha sucesso na empresa, é necessário treinar pessoas com um perfil apropriado, que se transformam em especialistas no método e nas ferramentas que constituem a estratégia.

Empresas como a Bombardier, GE, Polaroid, ABB, Seagate e Caterpillar designaram um alto executivo para, em tempo integral, conduzir, incentivar e supervisionar as iniciativas Seis Sigma em toda a organização. O responsável pelo Programa deve desenvolver um amplo plano para implementar e disseminar o Seis Sigma pela empresa. É ele que deve selecionar os executivos (diretores e gerentes) que desempenharão o papel de Champions ("Campeões") na organização. A principal responsabilidade dos mesmos é fazer com que equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos.

Estes especialistas são:

Champions – Gerentes de Implementações que definem a direção que o Seis Sigma irá tomar e que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento. Os Champions devem ser capazes de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São eles que definem as pessoas (ou a pessoa, dependendo do porte da organização) que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa, e irão coordenar uma determinada quantidade de projetos. Essas pessoas podem ser os Master Black Belts ou os Black Belts.

Master Black Belts – São profissionais que atuam em tempo integral como mentores dos

Black Belts, coordenam todos os trabalhos dos Black Belts e assessoram os Champions na identificação de projetos de melhoria.

Black Belts – São profissionais que lideram equipes na condução dos projetos Seis Sigma e que alcançam maior visibilidade na estrutura do programa. Os Black Belts devem possuir o seguinte perfil: iniciativa, entusiasmo, habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação, motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças, influência no setor onde atua, habilidade para trabalhar em equipe e excelentes conhecimentos técnicos de sua área de trabalho. Normalmente, os Black Belts conduzem nas empresas de 4 a 6 projetos por ano que podem gerar melhorias de US$ 75 mil a US$ 175 mil por projeto, em termos de redução de custos, melhoria dos tempos de ciclo do produto ou serviço, eliminação de defeitos e incremento significativo da satisfação do cliente. A duração de cada projeto depende da complexidade, da disponibilidade de equipamentos de medição apropriados e da verba alocada para o mesmo.

A escolha de um candidato a ***Black Belt*** deve ser bastante criteriosa. Suas principais características pessoais devem ser as seguintes:

- Ter experiência de pelo menos 5 anos em sua área de atuação (pode ser tanto engenheiro como administrador, por exemplo);
- Ter bons conhecimentos de Estatística, não é necessário ser um especialista;
- Ter boa compreensão da língua inglesa (a maioria das publicações sobre o Seis Sigma é em inglês);
- Ser dinâmico e ter a firme disposição de efetuar mudanças (pessoas que ficam esperando que lhes digam o que fazer, não servem para ser Black Belts);
- Ter habilidade para organizar e acompanhar projetos, e para coordenar equipes de trabalho multifuncionais.

É fundamental, portanto, que o futuro "Faixa Preta" possua habilidades de liderança. Um dos maiores desafios de um Black Belt é fazer com que outras pessoas pratiquem novas formas de trabalho. Seu foco deve se concentrar em ensinar e auxiliar os funcionários da organização na análise e controle dos processos em que os mesmos atuam. Seu tempo deve estar voltado para estudar, pensar e aprender como inovar na solução de problemas e no aumento da lucratividade.

Green Belts – São profissionais que participam das equipes lideradas pelos Black Belts na condução dos projetos Seis Sigma. Green Belts ("Faixas Verdes"). São funcionários de toda a organização que dedicam apenas parte de seu tempo aos projetos Seis Sigma. Eles têm menos responsabilidades no Programa e, normalmente, se envolvem em projetos diretamente relacionados ao seu dia-a-dia de trabalho. Os Green Belts recebem, uma versão mais simplificada do treinamento a que são submetidos os Black Belts. Suas tarefas básicas podem ser resumidas de duas maneiras: auxiliar os Black Belts na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos, e liderar pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação.

White Belts – São os profissionais do nível operacional da empresa, que são treinados nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos Black Belts e Green Belts na implementação dos projetos.

O quadro a seguir dá uma visão geral das características básicas dos principais "personagens" do *Programa Seis Sigma.*

Quadro 2.4.1 – *Visão Geral das Características Básicas dos "Personagens" do Seis Sigma*

	CHAMPIONS	***BLACK BELTS***	***GREEN BELTS***
QUALIFICAÇÕES	Diretores e gerentes. Familiaridade com Estatística.	Formação superior. Sólidos conhecimentos de Estatística.	Experiência técnica e administrativa. Familiaridade com ferramentas estatísticas básicas.
TREINAMENTO	Três dias ou uma semana de treinamento (30 ou 50 horas).	Quatro meses de treinamento (200 horas + projeto).	Dois meses de treinamento (100 horas + projeto).
NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS TREINADOS	Um *Champion* por área-chave da empresa.	Um *Master Black Belt* para cada 30 *Black Belts* (em grandes empresas).	Um *Green Belt* para cada 20 funcionários.

É importante destacar que o Seis Sigma é uma estratégia de negócio e não uma estratégia de qualidade – todas as pessoas da empresa, nos diferentes níveis de aprofundamento do Seis Sigma, são responsáveis por conhecer e implementar sua metodologia.

O programa permite que as empresas se vejam de forma holística, isto é, percebam como os

resultados coletivos de diversos projetos de menor envergadura afetam os grandes projetos executados em nível de alta administração, os quais são os responsáveis pela garantia da sobrevivência da empresa. Portanto, os esforços para implementação do Seis Sigma somente podem ser liderados pelo CEO da empresa, isto é, o Seis Sigma deve ser implementado de cima para baixo.

Capítulo 3

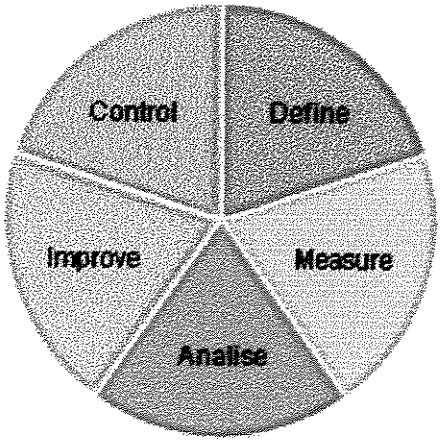
Modelo de Implementação DMAIC

3.1 Visão Geral

O DMAIC é um modelo utilizado para melhoria de performance utilizada pelo Seis Sigma. O modelo DMAIC é constituído por 5 fases:

- Definir *(Define)*,
- Medir (*Measure*),
- Analisar (*Analyse*),
- Melhorar (*Improve*) e
- Controlar (*Control*).

Figura 3.1.1 – *O Modelo DMAIC*

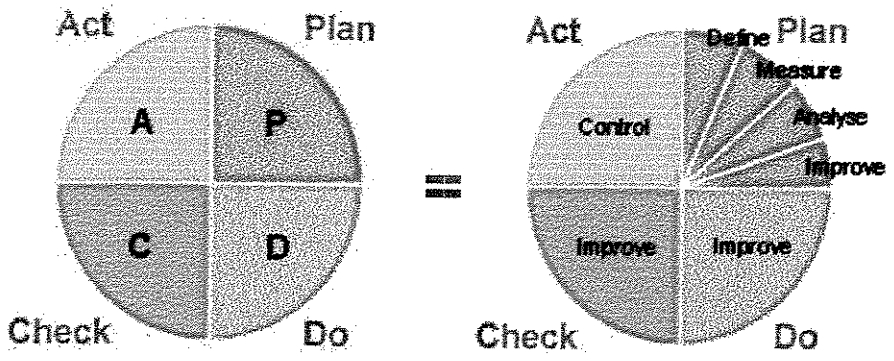


Fonte: Werkema, Maria Cristina - Criando A Cultura Seis Sigma. Qualitymark Editora Ltda, 2002, p 10.

Diversas ferramentas são utilizadas de maneira integrada às fases do DMAIC, que se transforma então em um método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas para se atingir os resultados buscados pelas empresas. Enfocando em problemas reais diretamente relacionados ao desempenho atual, sustentando a melhoria a longo prazo.

O DMAIC é baseado no Ciclo PDCA, conforme é apresentado na figura 3.1.2, que mostra a correspondência entre os métodos PDCA e o DMAIC.

Figura 3.1.2 – ***Desmembramento do ciclo DMAIC no PDCA***



Fonte: Werkema, Maria Cristina - Criando A Cultura Seis Sigma. Qualitymark Editora Ltda, 2002, p10.

3.2 Etapas do DMAIC

DMAIC é a sigla em Inglês para o ciclo de melhoria com cinco fases, que tem sido usado cada vez mais nas empresas que adotam o Seis Sigma. A seguir as etapas do DMAIC serão apresentadas em detalhes:

3.2.1 – Definir

Na fase **Definir** *(Define)* – quadro 3.2.1, são identificados os projetos Seis Sigma que serão desenvolvidos na empresa, com o objetivo primeiro de satisfazer as expectativas dos clientes em termos de qualidade, preço e prazo de entrega. A habilidade da organização em atender a essa expectativa está intimamente ligada à variação de seus processos (queremos aqui nos referir a

qualquer tipo de processo, abrangendo tanto os administrativos ou transacionais, como os de serviços, vendas e manufatura). A variação de processos tem um impacto direto nos resultados financeiros da empresa em termos de custo, tempo de ciclo e número de defeitos, falhas e erros que afetam a satisfação do cliente. A identificação de projetos Seis Sigma permite à organização reconhecer como os seus processos afetam sua lucratividade, e permite definir quais desses processos são críticos para o negócio da empresa.

Nesta etapa é elaborada a carta contrato, uma espécie de contrato de trabalho entre a direção e a equipe de trabalho formada para um determinado projeto; nessa carta devem constar os casos de negócio *(case study)*, a definição da oportunidade, definição dos objetivos, o escopo do projeto, o que inclui, e o que não inclui no projeto, o plano de atividades ou cronograma, e a seleção da equipe de trabalho – o time que vai atuar no projeto com a liderança de um faixa preta.

Outras atividades pertinentes a esta primeira fase do ciclo de melhoria são:

- Mapeamento dos processos envolvidos no projeto – para que seja conhecido completamente, passo a passo do desenvolvimento de cada atividade do mesmo.
- Análise de valor agregado de cada atividade – nesta fase todas as atividades são avaliadas, e as que não agregam valor ao cliente são eliminadas do processo.
- Os RCCs, Requisitos Críticos dos Clientes são identificados, através do processo de Ouvir a Voz do Cliente, os RCCs ou Requisitos Críticos dos Clientes devem ter indicadores para que o sigma do projeto seja encontrado.

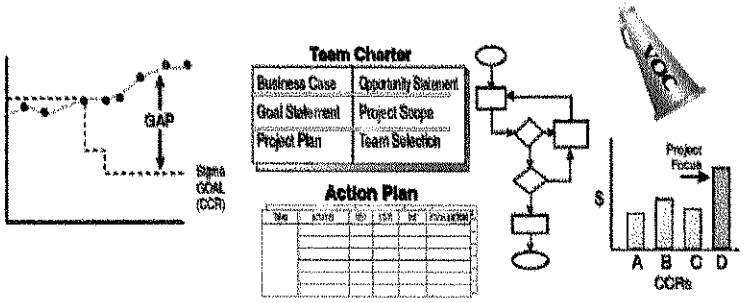
Ferramentas usuais desta fase, normalmente aplicadas são:

- Gerenciamento de Risco Empresarial;
- Fluxograma do processo;
- Voz do cliente;
- Requisito crítico do Cliente;
- Gráfico de Pareto;

Resultados Alcançados nesta fase:

- Carta Contrato;

Quadro 3.2.1 - *Definir*

Objetivo	Atividades principais	Ferramentas e técnicas potenciais	Resultados-chave
Identificar e/ou validar a oportunidade de melhoria, desenvolver os processos do negócio, definir os requisitos críticos do cliente e preparar-se para ser uma equipe de projeto eficiente.	• Validar/identificar oportunidade de negócios • Validar/desenvolver gráfico de projeto • Identificar e mapear processos • Identificar ganhos rápidos e refinar processo • Traduzir VC (Voz do cliente) em RCCs (Requisitos críticos do cliente) • Desenvolver diretrizes e regras básicas para a equipe		• Gráfico da Equipe • Plano de Ação • Mapas do processo • Oportunidades de ganho rápido • Requisitos críticos do cliente • Equipe preparada

Fonte: Caterpillar, Treinamento Black Belt, 2001

- Plano de Ação;
- Mapas de Processo;
- Identificação de Ganhos Rápidos;
- Determinação dos RCC;
- Equipe Preparada.

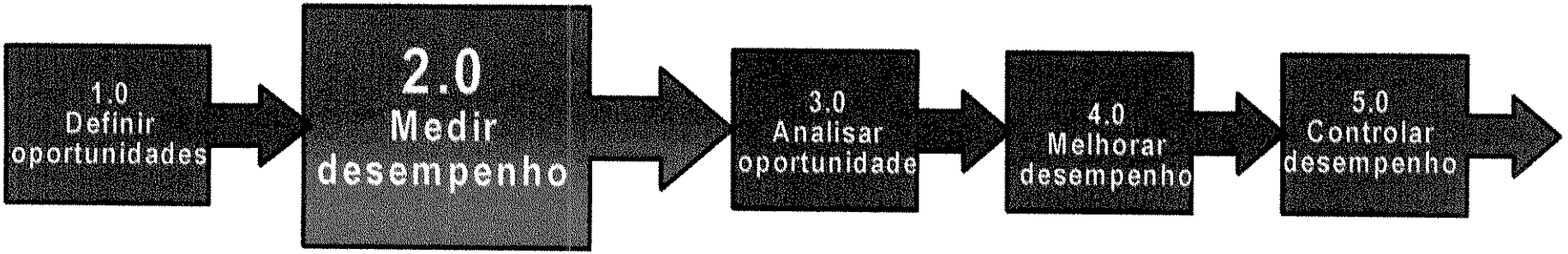
3.2.2 - Medir

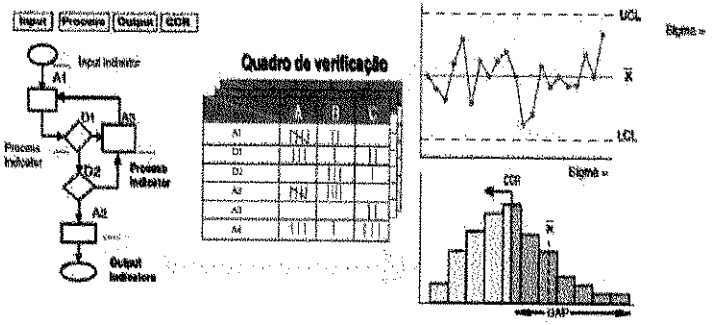
O segundo passo do ciclo de melhoria DMAIC, é o **Medir** *(Measure)*, o objetivo deste passo é identificar os indicadores de entrada, de processo e de saída, fazer o plano de medição para os respectivos indicadores e determinar o desempenho SIGMA do processo, conforme mostra a quadro 3.2.2. Muitas pessoas alegam que existem dados que não podem ser medidos, como se usa dizer, "se confessar ao mundo que não se pode medir, esta confessando ao mundo que não se pode gerenciar", pois aquilo que não se pode medir, não se pode gerenciar. O requisito número um para a medição é a capacidade de observar. A observação é um termo técnico usado em estatística, que se refere a um evento ou uma contagem. Medições consomem tempo e recursos, portanto tomar as medições que realmente irão contribuir para o projeto, isto é, medidas que são importantes na consideração das pessoas que conhecem bem o processo.

Os passos para medição podem ser:

- Selecionar o que vai medir. Quais são as respostas que o processo precisa? Esta pergunta pode ajudar a identificar indicadores que realmente tenha a ver com o objetivo do processo e que vai atender a necessidade do cliente. Uma matriz de impacto também ajuda a selecionar os indicadores que realmente afetam a saída do processo.
- Desenvolver a definição operacional do indicador de medida. A definição operacional do indicador é bastante importante, pois deve expressar claramente onde esta localizada a fonte dos dados, como, quando, quem, vai fazer as tomadas de medidas, deve ser tão bem clarificada, que qualquer pessoa que venha a ler possa executar.
- Preparar um plano de coleta de amostragem usando planilhas de lista de verificação. É importante que este plano seja bem formulado, para que quem vai fazer a coleta, possa fazê-lo com bastante precisão e faça o formulário simples e objetivo.

Quadro 3.2.2 - *Medir*



Objetivo	Atividades principais	Ferramentas e técnicas potenciais	Resultados chave
Identificar medições críticas necessárias para avaliar o sucesso no atendimento dos requisitos críticos do cliente e começar a desenvolver uma metodologia para uma eficiente coleta de dados, com a finalidade de medir o desempenho do processo. Entender os elementos do cálculo do 6 Sigma e estabelecer um sigma do desempenho atual para os processos que a equipe está analisando.	• Identificar indicadores de entrada, processo e saída • Desenvolver definição operacional e plano de medição • Plotar e analisar dados • Determinar se existe causa especial • Determinar o desempenho Sigma • Coletar outros dados de desempenho atual		• Indicadores de entrada, processo e saída • Definições operacionais • Formatos e planos de coleta de dados • Desempenho atual • Atmosfera produtiva da equipe

Fonte: Caterpillar, Treinamento Black Belt, 2001

3.2.3 Analisar

O terceiro passo do ciclo de melhoria DMAIC, é o **Analisar** *(analyze)*. São analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de se conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório de tais processos, visando a melhoria dos mesmos, conforme quadro 3.2.3 – Analisar.

As atividades principais desenvolvidas nesta fase, devem ser:

- Estratificar dados e identificar o problema específico;
- Desenvolver definição do problema;
- Identificar os motivos originais;
- Criar análise de verificação do motivo original
- Validar os motivos originais;

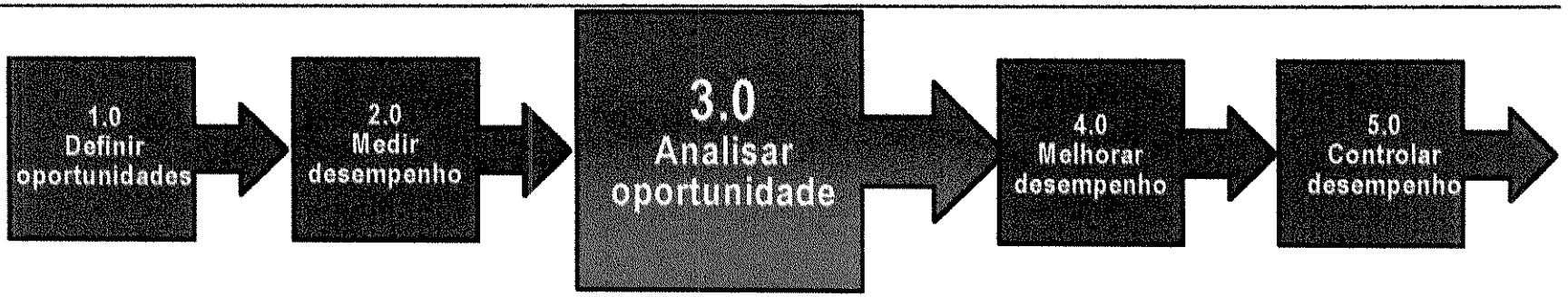
As Ferramentas mais usuais desta etapa, normalmente utilizadas são:

- FMEA;
- Diagrama de Dispersão;
- Brainstorming;
- Diagrama de Causa e Efeito;
- Diagrama de Afinidades;
- Diagrama de Relações;
- Matriz de Priorização;
- Análise de Regressão;
- Testes de Hipóteses;
- Análise de Variância;
- Análise de Tempos de Falhas;
- Testes de Vida Acelerados;

Os Principais Resultados alcançados, devem ser:

- Análise dos dados;
- Motivos originais validados;

Quadro 3.2.3 - *Analisar*



Objetivo	Atividades principais	Ferramentas e técnicas potenciais	Resultados chave
Estratificar e analisar a oportunidade de identificar um problema específico e estabelecer uma definição de problema que seja fácil de entender. Identificar e validar os motivos originais que asseguram a eliminação dos motivos originais "verdadeiros", eliminando assim o problema que está sendo enfocado pela equipe.	• Estratificar processo • Estratificar dados e identificar problema específico • Desenvolver definição de problema • Identificar motivos originais • Criar análise de verificação do motivo original • Validar motivos originais • Aprimorar criatividade da equipe e impedir o pensamento em grupo	**Motivos originais qualificados** 100% A1 D1 A3 D2 A2 Indicators & Problem Statement (effect) 80% 20% Problem Statement Teste de hipóteses ANOVA Modelagem regressiva Shainin Multi-Vari Chart Avg days Ord Product Type Customer Type	• Análise de dados • Mapas de processo • Motivos originais validados • Definição de problema

Fonte: Caterpillar, Treinamento Black Belt, 2001

- Definição de problemas;

3.2.4 - Melhorar

O quarto passo do ciclo de melhoria DMAIC, é o **Melhorar** *(Improve)*- quadro 3.2.4, com os dados e medições disponíveis pelos 3 passos anteriores, o objetivo deste passo é desenvolver mudanças para remover as causas raízes, testar e implementar as novas mudanças e avaliar os ganhos mensuráveis e sustentáveis, sendo criativo para encontrar novas formas de realizar as atividades de maneira mais barata, melhor e mais rápida, utilizando métodos estatísticos para validar a melhoria.

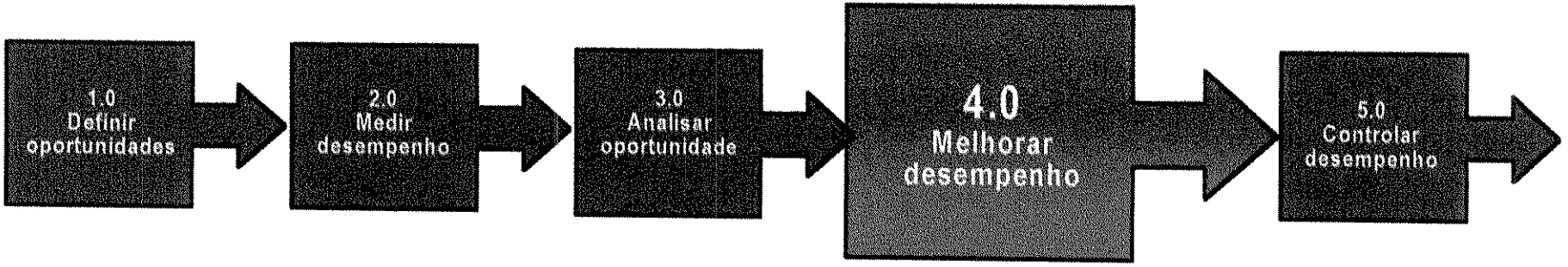
As principais atividades devem ser:

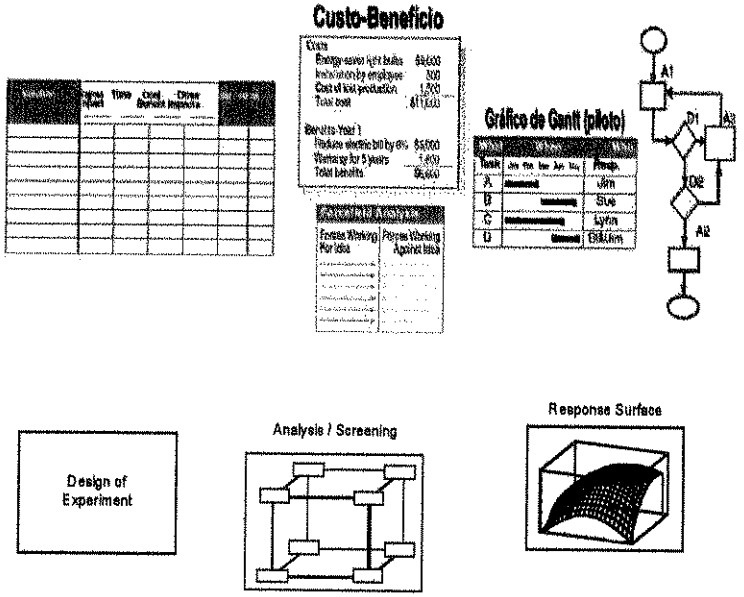
- Geração de idéias solucionadoras;
- Desenvolver Plano piloto e solução piloto;
- Determinar impactos da solução: benefícios;
- Avaliar e selecionar soluções;
- Desenvolver mapas de processos e planos de alto nível;
- Desenvolver e apresentar painel de caso;
- Comunicar soluções a todos os depositários;

Algumas Ferramentas mais usuais nesta fase, são:

- Planejamento de Experimentos;
- Testes na Operação;
- Testes de Mercado;
- Simulação;
- Operação Evolutiva;
- 5W2H;
- Diagrama de Árvore;
- Diagrama de Gantt;
- Pert/CPM;
- Diagrama de Processo Decisório;

Quadro 3.2.4 - *Melhorar*



Objetivo	Atividades principais	Ferramentas e técnicas potenciais	Resultados chave
Identificar, avaliar e selecionar as soluções corretas de melhoria. Desenvolver uma abordagem de criação de equipes efetivas para ajudar a organização na adaptação às mudanças introduzidas através da implementação de soluções.	• Gerar idéias solucionadoras • Determinar impactos da solução: benefícios • Avaliar e selecionar soluções • Desenvolver mapas de processo e plano de alto nível • Desenvolver e apresentar painel de caso • Comunicar soluções a todos os depositários		• Soluções • Mapas de processo e documentação • Implementação dos marcos principais • Impactos e benefícios da melhoria • Painel de caso • Mapas de mudança

Fonte: Caterpillar, Treinamento Black Belt, 2001

Os Principais Resultados alcançados, devem ser:

- Soluções;
- Mapas de processo e documentação;
- Implementação dos marcos principais;
- Impactos e benefícios da melhoria;
- Painel de caso;
- Mapas de Mudanças.

3.2.5 - Controlar

O quinto passo do ciclo de melhoria DMAIC, é o **Controlar** *(Control)*. Neste passo, o foco é assegurar que o desempenho melhorado tenha continuidade para os processos identificados no projeto, conforme quadro 3.2.5.

Sustentar as melhorias de curto e longo prazo é o objetivo desta fase, onde deve ser definida a pessoa que será o "gerente do processo", alguns chamam de "dono do processo", que será responsável pelo monitoramento de "loop fechado" do processo melhorado, é importante que seja um daquelas que participaram do time do projeto de melhoria, preferencialmente um "faixa verde", pelo fato de ela ter participado da execução do trabalho, pois maior é chance do comprometimento, e conseqüentemente com o sucesso futuro do processo.

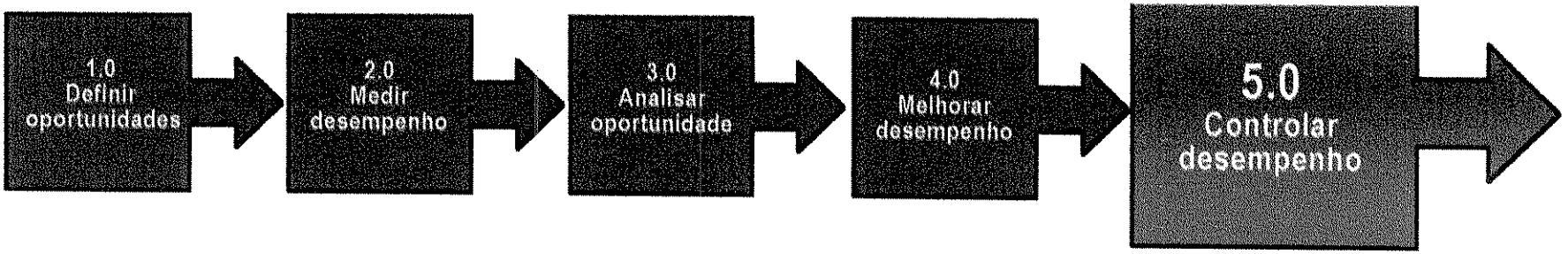
As principais atividades devem ser:

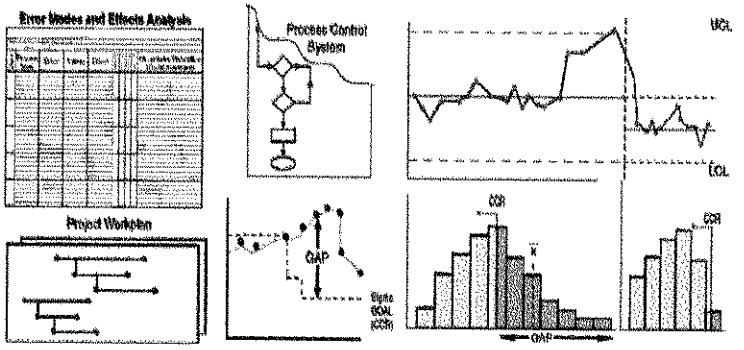
- Identificar e desenvolver oportunidades de reaplicação e padronização;
- Integrar e gerenciar soluções nos processos de trabalho diário;
- Integrar lições aprendidas;
- Identificar os próximos passos da equipe e os planos para outras oportunidades;

Algumas Ferramentas mais usuais nesta fase são:

- Procedimento Padrão;
- Relatório de Anomalia;

Quadro 3.2.5 - *Controlar*



Objetivo	Atividades principais	Ferramentas e técnicas potenciais	Resultados chave
Entender a importância de planejar e executar de acordo com o plano e determinar a abordagem para assegurar a obtenção dos resultados desejados. Entender como divulgar lições aprendidas, identificar a replicação e padronização de oportunidades e processos, e desenvolver planos relacionados.	• Desenvolver plano piloto e solução piloto • Verificar a redução de melhoria Sigma resultante da solução no motivo original • Identificar se são necessárias soluções adicionais para atingir o objetivo • Identificar e desenvolver oportunidades de reaplicação e padronização • Integrar e gerenciar soluções nos processos de trabalho diários • Integrar lições aprendidas • Identificar os próximos passos da equipe e os planos para outras oportunidades		• Sistemas de controle do processo • Padrões e procedimentos • Treinamento • Avaliação da equipe • Planos de implementação da mudança • Análise de problema potencial • Resultados piloto e solução • Casos de sucesso • Associados treinados • Oportunidades de replicação • Oportunidades de padronização

Fonte: Caterpillar, Treinamento Black Belt, 2001

Os Principais Resultados alcançados, devem ser:

- Sistema de controle de Processo;
- Padrões e Procedimentos;
- Treinamento;
- Avaliação da Equipe;
- Planos de Implementação da Mudança;
- Análise de problema potencial;
- Resultados Pilotos e solução;
- Oportunidades de Replicação;
- Oportunidades de Padronização

Capítulo 4

Estudo de caso

4.1 Perfil Caterpillar Brasil

A Caterpillar instalou-se no Brasil em 1954, no Bairro da Lapa, com um armazém para comercialização, produção e estocagem de peças.

Em 1955, a Caterpillar Inc. fazia seu segundo investimento fora dos Estados Unidos, adquirindo uma área de 164.000 m² no bairro de Santo Amaro, zona sul da cidade de São Paulo, onde construiu sua primeira fábrica no Brasil e ali, em 1960, começou a fabricar seus equipamentos.

A primeira máquina a ser lançada no Brasil foi a Motoniveladora 12E, seguida pelo Moto-Escrêiper 621 e pelos Tratores de Esteira D4 e D6, bem como os motores de 4 e 6 cilindros, que iriam equipar os produtos fabricados no Brasil. Na década de 70, foram lançadas as Pás-Carregadeiras de Rodas 966 e 930, novas versões de tratores de esteiras e a Motoniveladora 120B, em substituição à 12E.

Em 1973, a Caterpillar adquiriu uma área de 4 milhões de metros quadrados em Piracicaba, onde começou a funcionar, em 1976, sua segunda fábrica, hoje com área construída de 165.000m². Como parte do plano estratégico da Corporação de simplificar processos e reduzir

custos para aumentar a competitividade de seus produtos no mundo, a Caterpillar Brasil se modernizou e consolidou, em 1993, suas operações administrativas e industriais na unidade de Piracicaba. Este plano de modernização implicou numa mudança significativa do layout da fábrica e dos processos produtivos até então adotados. A implementação desses sistemas garantiu à empresa uma estrutura fabril moderna, organizada e flexível, proporcionando tecnologia e qualidade, além de um pronto atendimento às necessidades dos clientes.

A preocupação com a qualidade é uma tradição na Caterpillar. Seu maior objetivo é projetar, produzir e comercializar produtos de qualidade superior. Buscando a excelência em qualidade, desenvolveu uma série de programas no sentido de alcançar esse objetivo, com investimentos em pesquisas, na compra de equipamentos sofisticados que proporcionam melhoria contínua da qualidade, e no treinamento de pessoal especializado. Esses programas são estendidos às fontes de suprimento, com seminários sobre qualidade e certificação de fornecedores, e também aos revendedores Caterpillar, para garantir a presença da mais alta qualidade em todas as fases da produção e na comercialização de seus produtos no Brasil.

Em sua política de recursos humanos oferece a seus empregados um ambiente saudável e seguro de trabalho, além de uma série de benefícios, tais como ambulatório médico, assistência médico-hospitalar e odontológica, assistência previdenciária, reembolso de remédios, refeições e transporte subsidiados e, ainda, seguro de vida em grupo. Completam esses benefícios cursos internos de treinamento e aperfeiçoamento, bolsas de estudo, cursos e estágios no exterior, visando a valorização e realização profissional e pessoal do empregado.

4.2. Compromisso com a Qualidade e Metas alcançadas

Em 1994, a Caterpillar Brasil foi a primeira empresa de seu segmento a ser certificada pela ISO 9002. A certificação inclui desde a aquisição da matéria prima, passando pela linha de produção, até a entrega final do produto ao cliente, abrangendo o sistema de distribuição de peças de reposição.

Em 1999, a Caterpillar Brasil recebeu a Certificação MRP-II Classe A (Manufacturing Resource Planning) concedida pela empresa Oliver Wight Co, transformando-se na primeira

empresa brasileira de classe mundial certificada por esta entidade internacionalmente reconhecida na área de implementação de processos de gestão industrial e empresarial. Com esta certificação passou a fazer parte de uma elite, composta por aproximadamente 200 empresas no mundo todo, respeitado por sua excelência operacional.

Ainda em 1999, em outubro, recebeu seu maior reconhecimento: o PNQ - Prêmio Nacional da Qualidade Brasil. O PNQ é o reconhecimento, em forma de troféu, a excelência na gestão das organizações sediadas no Brasil. Este prêmio é administrado pela Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade, entidade sem fins lucrativos criada em 1991 por 39 organizações públicas e privadas. Seus critérios de avaliação são baseados nos prêmios de qualidade Malcolm Baldrige (Estados Unidos) e Deming (Japão).

Em abril de 2000, a Caterpillar Brasil tornou-se a primeira empresa da América Latina e a trigésima no mundo a conquistar a Certificação em Excelência Operacional concedida pela Oliver Wight Co, única empresa avaliadora no mundo nesta categoria. Este é o mais alto grau de reconhecimento da gestão empresarial que uma empresa pode atualmente obter, pois reflete a excelência no planejamento estratégico, pessoas e trabalho em equipe, qualidade total e melhoria contínua, desenvolvimento de novos produtos, e planejamento e controle. Com esta nova qualificação, a Caterpillar Brasil foi à pioneira na conquista da Certificação MRP II Classe A e vencedora do Prêmio Nacional de Qualidade.

Em maio de 2001, conquistou a certificação ISO 14001, concedida pelo ABS Quality Evaluation, Inc. Com esta qualificação, a empresa garante seu compromisso de ser uma empresa cidadã e passa a ser a primeira fábrica da Corporação Caterpillar a receber esta distinção, que demandou investimentos da ordem de US$ 6 milhões. A certificação ISO 14001 vem reforçar sua vocação de respeito ao meio ambiente, a partir do projeto de construção da fábrica.

A Caterpillar Brasil tem participado ativamente do desenvolvimento do país, nele investindo e estando sempre presente na construção de grandes obras públicas, hidrelétricas, rodovias, ferrovias e aeroportos, como também em projetos de reflorestamento, mineração, agricultura e geração de energia.

A Caterpillar Brasil coloca à disposição de seus clientes toda a linha de produtos fabricada pela empresa no mundo. São mais de 300 modelos comercializados pela rede nacional de revendedores, com o mesmo atendimento dispensado aos produtos nacionais.

4.3 – O Seis Sigma na Caterpillar

Desde Janeiro de 2001, todas as plantas da Caterpillar vêm implementando a metodologia Seis Sigma, como estratégia de abordagem para desempenhar a excelência, integrando em larga escala de mudanças fundamentais – processos, cultura e clientes – para atingir e sustentar resultados, quebrar limites das unidades de negócio, desenvolver e fortalecer processos através da cadeia de valores, eliminando atividades que não agregam valor ao trabalho cotidiano, reduzindo tempos de operações e adicionando bons resultados à Corporação. A metodologia Seis Sigma está sendo disseminada em toda a Caterpillar, composta por ferramentas e metodologias direcionadas à redução de variação e defeitos, melhorando os resultados dos negócios.

O engajamento tem sido tão forte, que no final de 2003, a Caterpillar Brasil Ltda já contava com 4 Mestres Faixas Pretas; 39 Faixas Pretas, 428 Faixas Verdes, com cerca de 97% de todos os seus funcionários já tendo recebido o treinamento como Faixas Amarela – que é o primeiro contato com a metodologia abrangendo seus objetivos e informações superficiais sobre sua aplicação. E a Caterpillar, considerando toda a sua organização, conta com mais de 25.000 funcionários envolvidos nos projetos Seis Sigma.

Através da completa implementação do Seis Sigma, a Corporação espera atingir seus outros objetivos, como alcançar um faturamento mundial de US$ 30 bilhões – 50% maior que o atual -, reduzir custos superiores a US$ 1 bilhão e dar saltos em qualidade na ordem de 15% ao ano. Tudo isso até o final de 2010. O Seis sigma é o Fator Crítico de Sucesso número Um da Caterpillar para aperfeiçoar a sua liderança e ser o principal fornecedor de valor para os clientes.

Para o primeiro ano da implementação da metodologia Seis Sigma, a Caterpillar Brasil traçou o objetivo de alcançar o retorno maior ou igual ao seu investimento de US$ 453 mil; e logo no primeiro ano alcançou resultado de US$ 531 contra os US$ 453, gastos com toda a sua implementação; custos de treinamento e demais infra-estruturas necessárias.

Em um dos onze projetos de 2001, o autor atuou como green belt; foi no projeto que visava o melhoramento no Gerenciamento Processo de Terceiros.

4.4 – Projeto Seis Sigma "Melhoria no Gerenciamento no Processo de Terceiros".

A Caterpillar conta atualmente com serviços terceirizados, tanto externos como internos; serviços esporádicos e contínuos. O presente estudo é direcionado aos serviços executados por terceiros de forma continua e com mão-de-obra alocada internamente; que englobam serviços de Restaurante, Transporte Coletivo, Logística; E serão tratados em detalhes, os de Manutenção, subordinados à Engenharia de Fábrica.

A Engenharia de Fábrica é uma seção do Departamento da Área Industrial, constituída por oito profissionais, que atuam nas seguintes áreas:

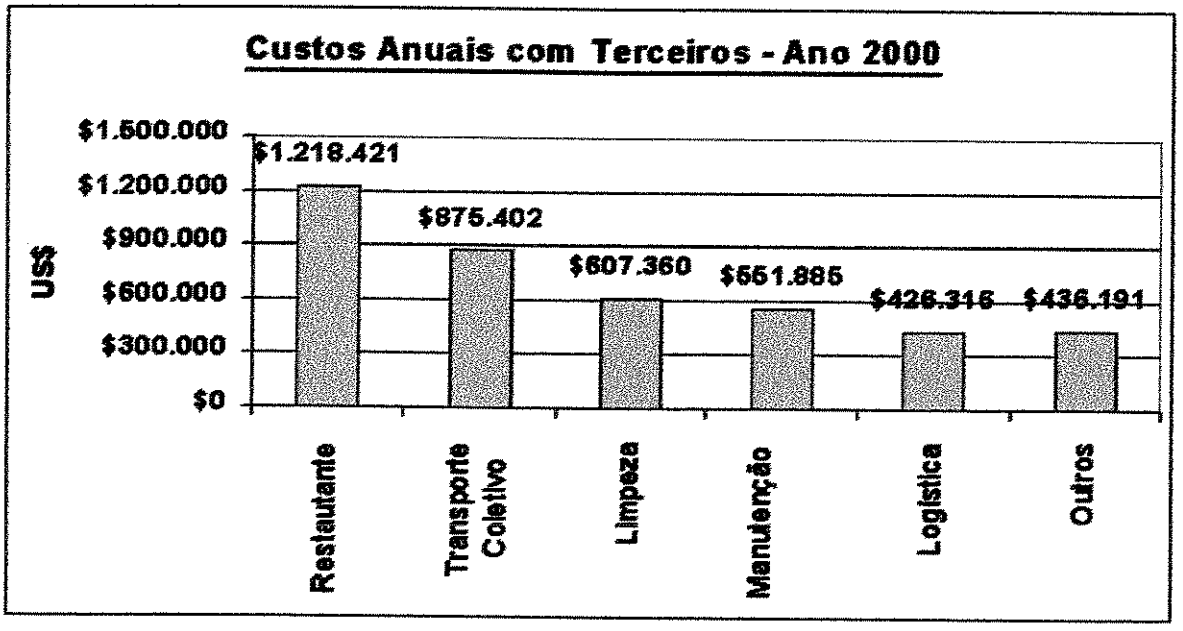
- Engenharia Civil, no projeto e administração da execução de fundações, construções civis, instalações de redes subterrâneas de água, esgoto e elétrica; pavimentações, caminhos de rolamento, rearranjos de escritório;
- Engenharia Elétrica, nos painéis elétricos, nas automações de sistemas, nas instalações de máquinas, equipamentos e sistemas; e de telefonia e redes de comunicação para micros e transferências de dados;
- Engenharia Mecânica que atua no gerenciamento e projetos de dispositivos que auxiliam a produção tanto no processo de fabricação como no de movimentação e nas instalações de máquinas, equipamentos, redes de utilidades.

A Divisão de Compras e Serviços Técnicos é subordinada à Área Industrial e gerencia os Terceiros; responsáveis pelas atuações no chão de fábrica, subdivididos em Serralheria, Carpintaria, Instalações, Civil, Tratamento de Efluentes e Manutenção de Veículos.

Todos os trabalhos são solicitados através de um documento denominado de OSE e os de reparos em geral, via sistema utilizando-se o programa de monitoramento e controle denominado de MP2; a atuação dos Terceiros é basicamente na cessão de Mão de Obra, trabalho por administração.

Com base na Distribuição dos Custos Anuais, referente a 2000, a Administração via grande potencial para melhorias e para uma padronização no gerenciamento, e observou-se que os maiores custos eram com serviços de Restaurantes, seguidos pelo de Transporte Coletivo, Limpeza, Manutenção (na ordem de US$ 550 mil anuais), conforme gráfico 4.4 – distribuição de custos anuais –, e Logística.

Gráfico 4.4 - Distribuição de Custos Anuais



Todo projeto Seis Sigma deve contemplar uma Carta Contrato firmada entre a Empresa e os responsáveis pela condução do projeto Seis Sigma, que passa por uma validação da oportunidade do negócio, devendo ser crítico e estar alinhado com a estratégia do negócio da empresa, definindo o propósito, o impacto das oportunidades no negócio e a definição dos critérios de sucesso.

4.4.1 CARTA CONTRATO

A carta contrato desse projeto teve como objetivo a economia de US$ 200,000 nos custos anuais com Prestadores de Serviços, que, no ano de 2000, foi na ordem de US$ 4,1 milhões.

O projeto visualizava grandes oportunidades de melhoria em função da insatisfação dos Clientes Internos – medidos nas pesquisas de certificação da Área de Engenharia de Fábrica

devido também à falta de um processo de monitoramento e controle de desempenho e conseqüente análise crítica dos serviços prestados, como também à possibilidade de melhores custos para a Caterpillar.

Ficaram estabelecidas algumas metas para esse projeto como a redução de 5% nos custos anuais com os Terceiros; melhorar os Gerenciamentos dos Serviços; e a redução dos potenciais riscos legais para a Caterpillar (p. ex. caracterização de vínculo empregatício, cumprimento das obrigações legais).

O escopo final desse Projeto se traduziu em: "Melhoria no Gerenciamento no Processo de Terceiros".

Para esse projeto foi aplicada a Metodologia Seis Sigma DMAIC, resultando na recomendação de que a Engenharia de Fábrica deveria passar por uma reestruturação visando:

A – Redefinir os Escopos de Fornecimento dos Trabalhos de Terceiros;

- Redefinir as normas internas que orientam a contratação dos trabalhos de terceiros, de tal forma que sejam estabelecidos os requisitos críticos dos clientes (RCC), sejam definidos os indicadores de Desempenho e as respectivas Penalidades;
- Abandonar o atual sistema de cessão de mão-de-obra e adotar o de pagamento por trabalho realizado;
- Abrir novas cotações para se enquadrarem aos novos escopos de fornecimentos;

Para essa recomendação foram desenvolvidos dois novos projetos de melhoria: um para compra completa dos dispositivos 28PL envolvendo apenas um fornecedor no processo e o outro projeto para a aquisição dos dispositivos 28PE através de fornecedor especializado em dispositivos para movimentação de cargas, que fabricam e comercializam os acessórios que compõe este tipo de produto, a serem descritos nos itens 4.5.1. Compra do Produto 28PL por kg e 4.5.2 Aquisição de 28PE através de fornecedor especializado.

B – Definir Responsabilidades e Controles;

- A Performance do Prestador de Serviços está diretamente ligada à da Engenharia de Fábrica, que exerce influência em seu trabalho; o prestador de serviços

normalmente acaba sendo uma extensão da Engenharia de Fábrica, e as fases do processo não são claramente medidas e/ou conhecidas; Por falta de controles, a Engenharia de Fábrica não exercer completo monitoramento sob o seu próprio processo, não conhecendo nem medindo os indicadores mínimos do seu desempenho e nem os do Prestador de Serviços;

Com o objetivo de direcionar os trabalhos dos projetistas ao monitoramento e ao controle dos trabalhos executados pelos Prestadores de Serviços, e devido ao pequeno número de funcionários da área, foi elaborado um projeto para transferir as etapas do processo de elaboração de orçamentos e anteprojetos para o prestador de serviços de projetos, a ser descrito em detalhes no item 4.5.3 Execução de Orçamentos por Terceiros.

Para serem atendidas estas recomendações, a Engenharia de Fábrica passou por uma reestruturação, fazendo uso da própria Metodologia Seis Sigma, visando uma melhoria em seus processos que será objeto desse estudo de caso, focando o trabalho dos projetistas.

4.5 – Projetos de Melhoria na Engenharia de Fábrica – Área de Projetos

A área de projetos é constituída por três projetistas e conta com uma empresa terceirizada, prestadora de serviço de projeto de seus principais produtos, que são denominados de 28PL e de 28PE. Os dois segmentos de dispositivos passam pelas fases de projeto, fabricação e alguns deles pela instalação. A fabricação e a instalação são realizadas pelos Terceiros, através de suas cessões de Mão de Obra; e uma muito pequena parte é projetada internamente pelos projetistas, que exercem funções tanto de projetar como a de administrar a fabricação de todos os dispositivos.

Antes da implementação do projeto desenvolvido pela metodologia Seis Sigma, os projetistas liberavam as OSE's para que o prestador de serviços de projetos os elaborassem para posterior a execução dos dispositivos nas áreas terceirizadas de Serralheria. Na maioria das vezes, toda liberação para fabricação era precedida de uma pequena verificação do projeto, pelos projetistas da Engenharia de Fábrica.

Os Terceiros trabalhavam por cessão de Mão-de-Obra, trabalhavam por Administração, alocados dentro da própria CBL; desta forma o trabalho dos Terceiros ficava limitado pelo valor

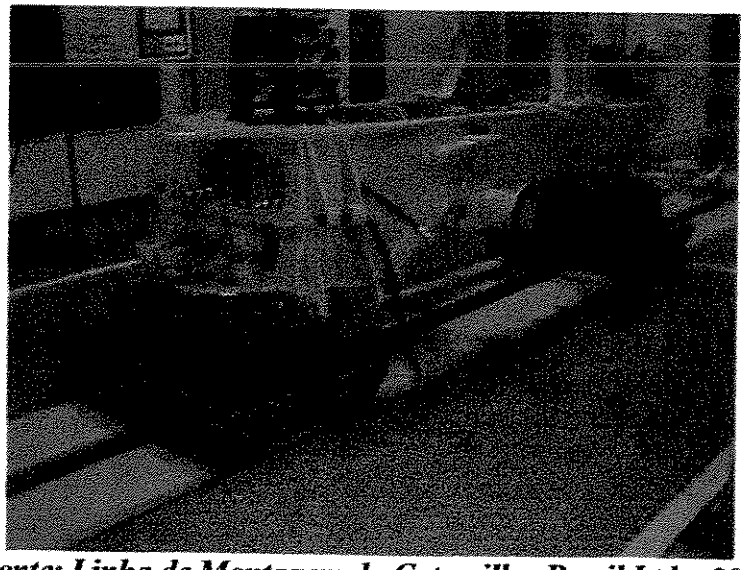
de contrato, vinculado ao número de funcionários; O prestador de Serviços transferia para a Engenharia de Fábrica toda a responsabilidade pela sua atuação devido à limitação do contrato; gerando atrasos nos trabalhos programados, necessitando de horas extras, re-trabalhos, mudanças de datas, gerando insatisfação por parte dos clientes, fazendo com que a Engenharia de Fábrica perdesse a credibilidade junto aos seus clientes internos, apesar de todo o seu trabalho de grande importância técnica que realiza.

Procurando atender a recomendação do projeto Seis Sigma quanto a: "Redefinir os Escopos de Fornecimento dos Trabalhos de Terceiros, abandonando o atual sistema de cessão de mão-de-obra e adotar o de pagamento por trabalho realizado", foram conduzidos dois projetos se baseando na metodologia Seis Sigma DMAIC, que passam a serem descritos:

4.5.1 Compra de 28PL por kg

Como 28PL enquadram-se os carrinhos para linha de montagem, bancadas para solda e/ou para montagem, escadas, suportes, posicionadores de solda, plataformas, *racks* para transporte e/ou armazenamento, dispositivos para testes, etc. conforme ilustra a figura 4.5.1.1 Dispositivo 28PL Carrinho de Linha de Montagem (em azul), abaixo.

Figura 4.5.1.1 – Dispositivo 28PL Carrinho de Linha de Montagem



Fonte: Linha de Montagem da Caterpillar Brasil Ltda, 2002.

Os 28PL's são dispositivos utilizados para auxiliar a produção na manufatura (exceto os dispositivos específicos para solda e os de usinagem, que são projetados pela área de Projetos de

Ferramentas e Dispositivos para Usinagens denominados de 7PX gerenciado por outra área, com fornecedores distintos).

Todas as responsabilidades pela fabricação e instalações devem ser exercidas pelos próprios Terceiros que as executam e não à Engenharia de Fábrica que compra estes trabalhos – a responsabilidade da Engenharia de Fábrica dever apenas junto aos seus solicitantes, os processadores de planejamento de produção – aos Terceiros devem realizar a gestão de seus trabalhos, monitorando e controlando suas atividades. Visando tais melhorias para processo, foi desenvolvida uma proposta compra externa com pagamento por peso de material que compõe o produto 28PL, adotando-se um referencial R$/kg, compreendido das seguintes fases no desenvolvimento deste projeto:

4.5.1.1 – Situação Inicial

No processo antigo, eram necessários vários prestadores de serviços para a confecção do bem: um projetava, outro fabricava e algumas vezes outro instalava e um projetista da Engenharia de Fábrica acompanhava a primeira utilização. A proposta foi de desenvolver um único fornecedor, que atenda o processo completo; isto é, projetasse, fizesse a execução e acompanhasse a primeira utilização nas linhas de produção.

Outro o objetivo com este novo sistema foi o de reduzir os tempos para a elaboração dos dispositivos, que variavam de 4 a 10 meses para 60 dias – contando desde a elaboração do projeto até a data de liberação para a realização dos testes em produção.

4.5.1.2 – Medições do Processo Original

Foi feito um primeiro estudo para que se tentasse padronizar os produtos 28PL's, através de um levantamento dando origem a uma tabela classificatória dos produtos em função de suas características predominantes, conforme segue no quadro 4.5.1.2.1 – Classificação dos 28PL's – Similaridades, abaixo:

Quadro 4.5.1.2.1 – *Classificação dos 28PL's – Similaridades*

Características Predominantes	Grupo 1			Grupo 2			Grupo E		
Projeto	Baixo até 24 h			Médio até 40 h			Complexo > 40hs		
Relação Peso/Volume	Grande			Baixa			Razoável		
Usinagens	Mínimas			Poucas			Razoável		
Serralheria	Grande			Grande			Médio		
Acabamento	Grosseiro			Bom			Bom		
Peso do produto									
Valor do Bem (US$)	470			1900			3400		
	OSE	EXEMPLO	Q	OSE	EXEMPLO	Q	OSE	EXEMPLO	Q
HISTÓRICO US$ 440 k / ano [via OSE]	7	Bancada	17	10	Armário	22	1	Carreta	1
	34	Base	58	1	Balancim	1	1	Conveyor	1
	5	Cavalete	7	1	Bandeja	3	1	Equipamento	1
	1	Escada	3	2	Bins	14	1	Macaco	1
	1	Estrado	1	1	Cacambas	1	1	Motorizado	1
	1	Gancheira	1	15	Carrinho	84	2	Pneumático	2
	1	Grelhas	1	2	Divisória	2	3	Posicionador	3
	1	Pedestal	1	1	Fechamento	1	1	Prensa	1
	1	Piso	1				6	Teste	7
	3	Placa	3				3	Unid. Hidr.	3
	7	Plataforma	10						
	5	Proteção	6						
	67	Rack	485						
	16	Suporte	31						
Fonte CEF Dez_00~Nov_01	150	Orçado 290100	625	33	US$ 240400	128	20	US$ 70660	21
		Gasto 212600			US$ 161900			US$ 62000	

As similaridades que geram as classificações dos grupos foram:

- Grupo 1 – os produtos de maior peso e menor emprego de mão-de-obra para fabricação;
- Grupo 2 – contendo os produtos menos pesados com maior emprego de mão de obra para a sua elaboração, e;
- Grupo E – para os especiais, aqueles que requerem maior cuidado na elaboração, algumas vezes requerendo mão de obra especializada tanto para projeto como para a execução;

Através de um levantamento dos produtos desenvolvidos, no período de dezembro de 2000 a novembro de 2001, foram calculados o seu peso e a relação entre o seu custo/peso (R$/kg), para os dispositivos pertencentes ao Grupo 1; conforme mostra o quadro 4.5.1.2.2 – Estudos 28PL's – Relação Custo/Peso.

Quadro 4.5.1.2.2 – *Estudos 28PL's – Relação Custo/Peso*

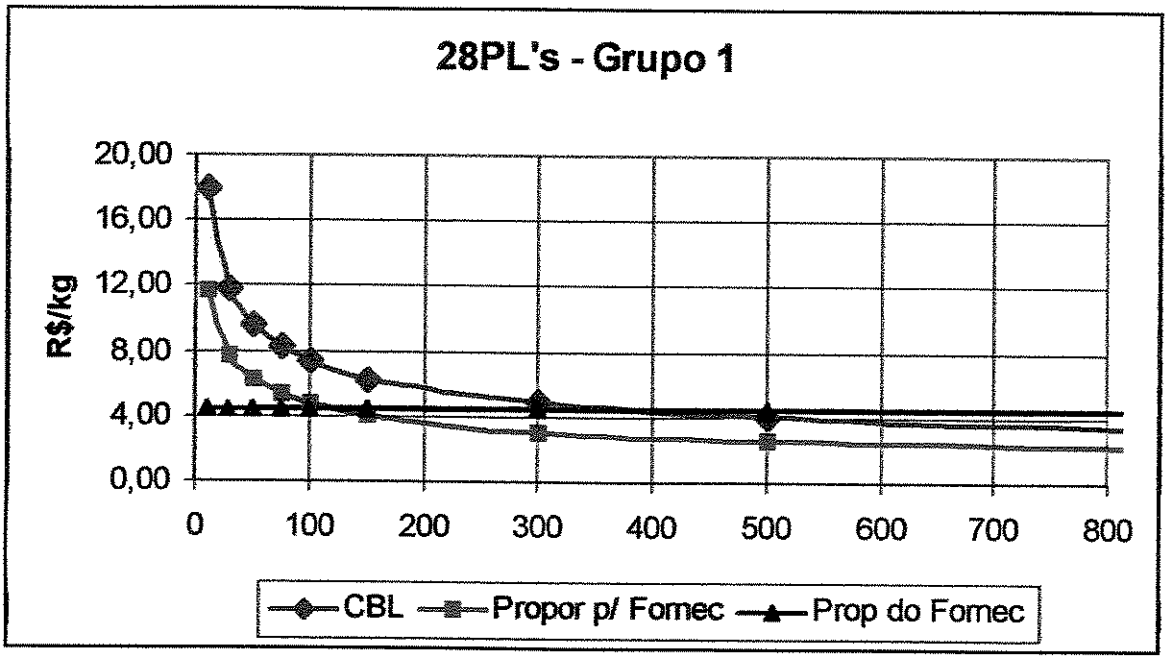
ESTUDOS 28PL's - RELAÇÃO CUSTO/PESO (SET/02)										
ITEM	OSE	CUSTO R$	Custo Unit	FAMÍLIA	GR	28PL	PESO UNIT	R$/kg	Pontos Médios (Z)val	
									PESO UNIT	R$/kg
21	17986	1.271,10	1.271,10	base	1	4015	67	18,97		
1~2							69	2,29	68	10,63
19~20							78	2,23	74	2,26
41	15367	681,50	681,50	base	1	4183	95	7,17	87	4,70
10	18550	2.420,19	2.420,19	base	1	3416	116	20,86	106	14,02
6	18145	4.846,38	969,28	rack	1	3311	122	7,94	119	14,40
16~17							122	10,37	122	9,15
46	15444	479,88	479,88	suporte	1	4225	122	3,93	122	7,15
4	18146	3.224,27	1.074,76	rack	1	3295	124	8,67	123	6,30
5	18429	1.351,01	675,50	rack	1	3300	124	5,45	124	7,06
42	15433	1.585,07	792,53	base	1	4201	125	6,34	125	5,89
48	18468	1.024,06	512,03	rack	1	4240	128	4,00	127	5,17
8	18421	1.148,19	574,10	rack	1	3408	141	4,07	135	4,04
34	15283	450,57	450,57	base	1	4150	144	3,13	143	3,60
52	15561	2.564,64	2.564,64	base	1	4262	147	17,45	146	10,29
15	18426	1.682,04	841,02	rack	1	3553	153	5,50	150	11,47
40	18422	9.104,67	910,47	rack	1	4179	163	5,59	158	5,54
56	14706	2.755,25	2.755,25	rack	1	4324	179	15,39	171	10,49
39	18423	7.709,21	1.541,84	rack	1	4178	182	8,47	181	11,93
43~44							202	6,18	192	7,33
9	18420	1.438,41	719,21	rack	1	3409	255	2,82	229	4,50
3	18427	3.293,03	1.646,52	rack	1	3290	261	6,31	258	4,56
31	15654	13.238,87	2.647,77	rack	1	4123	270	9,81	266	8,06
7	18147	2.949,48	737,37	rack	1	3321	276	2,67	273	6,24
50	18539	918,49	918,49	bancada	1	4261	284	3,23	280	2,95
51	15560	1.297,79	1.297,79	suporte	1	4261	284	4,57	284	3,90
38	18424	3.017,71	1.508,86	rack	1	4177	287	5,26	286	4,91
27~28							292	6,20	290	5,73
11	18425	2.930,01	1.465,01	rack	1	3440	312	4,70	302	5,45
37	18428	2.701,27	900,42	rack	1	4176	323	2,79	318	3,74
53	15572	402,07	402,07	rack	1	4267	429	0,94	376	1,86
						Média das Médias		6,88	187,60	6,76
						Desvio-Padrão		5,02		3,37
				Coeficiente de Variabilidade				72,90%		49,65%
								r de Pearson		-0,43

A partir destes dados o próximo passo é fazer uma análise com estas observações do processo inicial, conforme segue.

4.5.1.3 – Análise

Colocando esses valores no gráfico 4.5.1.3.1 – Relação Custo/Peso para produtos do grupo 1, podendo ser observar que quanto maior o peso menor a referência R$/kg, e que se comporta de maneira não linear, podendo-se obter uma curva de tendência, passando a ser conhecida a curva que representa este processo da CBL, para a amostragem em questão.

Gráfico 4.5.1.3.1 – *Relações Custo/ Peso para produtos do Grupo 1.*



E que se fosse considerada linear a curva, fica claro que a partir de 375 kg já não seria mais interessante este tipo de fornecimento, por que custaria mais caro comprar do externamente do que manter o processo anterior, através da cessão de mão-de-obra e sendo executado na CBL.

Pelo ponto médio do referencial (R$ 6,78/kg) encontrado no quadro 4.5.1.2.2 – Estudos 28PL's – Relação Custo/Peso foi determinado o peso equivalente de 1 2 4 kg, determinado pela expressão matemática da CBL, gerada, conforme é demonstrado abaixo:

❑ **Os pontos plotados geraram a**

Curva de Tendência:

$$y = 44{,}1x^{-0.39}$$

❑ **Pela Média CBL**

y = 6,78 (R$/kg) → x = 124 kg

Após conhecimento e domínio matemático do processo original, foram envolvidos vários fornecedores capacitados para participar da cotação para a execução completa dos 28PL's, e a melhor proposta foi de R$ 4,37 por kg. E substituindo na equação, os valores de R$ 4,37 para o

referencial e o de 124 kg para o eixo do X, que representa o peso obtém-se a equação para fornecimento do Prestador de Serviços; que é paralela a da CBL.

❑ **Pela proposta Fornecedor**

y = R$ 4,37 / kg

Na curva do processo CBL

x = 124 kg

$$\Rightarrow y = 44{,}1x^{-0.39}$$

(substituindo, temos:)

obtemos a Curva de Tendência:

$$\Rightarrow y = 28{,}4x^{-0.39}$$

(PARALELA A DA CBL)

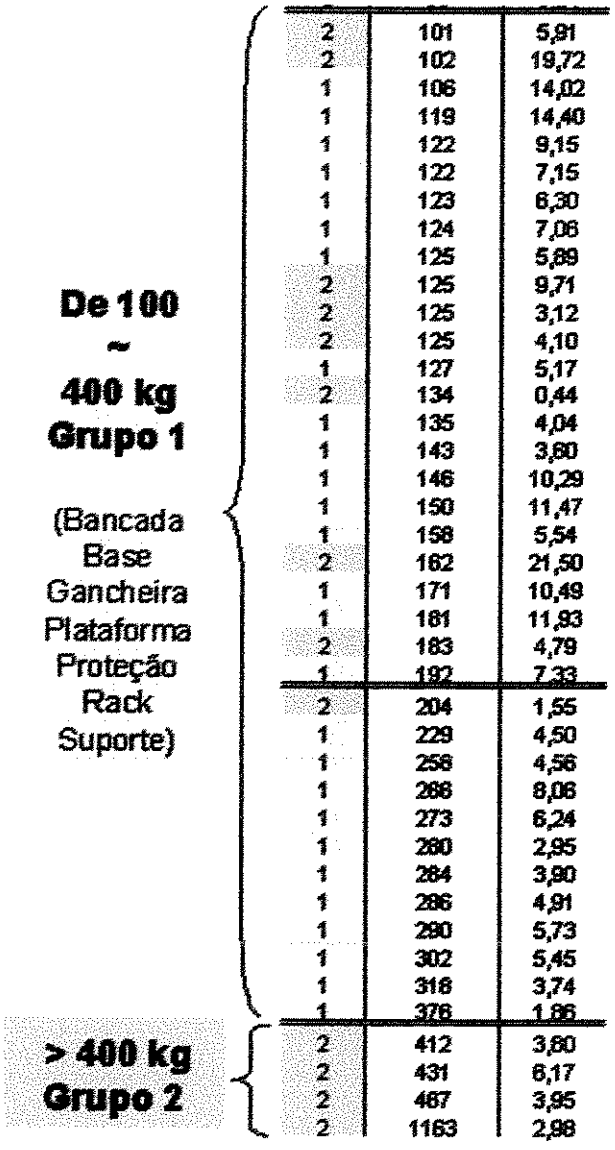
Partindo-se para o estudo do Grupo 2, observou-se que há uma seleção natural entre os Grupos, isto é, dispositivos de 10 a 100 kg pertencem ao Grupo 2 (onde emprega maior quantidade de mão-de-obra para manufatura), e os de 101 a 400 kg pertencem ao Grupo 1 (maior incidência do custo do material do que o da mão de obra empregada), conforme mostra o quadro 4.5.1.3.1 – Alinhamento entre os produtos 28PL's – Grupos 1 e 2. Passa-se então, a adotar um Grupo Único, de maneira a simplificar todo o processo, tanto para o dia-a-dia com o Prestador de Serviços, com para os caso de auditoria para os trabalhos executados – não dando margem a várias interpretações quanto ao grupo a que possa pertencer o 28PL fabricado.

Quadro 4.5.1.3.1 – ***Alinhamento entre os produtos 28PL's – Grupos 1 e 2.***

Até 100 kg
Grupo 2

(Armários, Divisórias, Fechamento Caçamba)

Grupo	PESO UNIT	R$/kg
2	20	24,70
2	38	30,22
2	47	26,56
2	68	17,72
1	68	10,63
1	74	2,26
2	83	26,43
1	87	4,70
2	90	8,24



De 100 ~ 400 kg Grupo 1 (Bancada Base Gancheira Plataforma Proteção Rack Suporte)	2	101	5,91
	2	102	19,72
	1	106	14,02
	1	119	14,40
	1	122	9,15
	1	122	7,15
	1	123	6,30
	1	124	7,06
	1	125	5,89
	2	125	9,71
	2	125	3,12
	2	125	4,10
	1	127	5,17
	2	134	0,44
	1	135	4,04
	1	143	3,60
	1	146	10,29
	1	150	11,47
	1	158	5,54
	2	162	21,50
	1	171	10,49
	1	181	11,93
	2	183	4,79
	1	192	7,33
	2	204	1,55
	1	229	4,50
	1	258	4,56
	1	268	8,06
	1	273	6,24
	1	280	2,95
	1	284	3,90
	1	286	4,91
	1	290	5,73
	1	302	5,45
	1	316	3,74
	1	376	1,86
> 400 kg Grupo 2	2	412	3,60
	2	431	6,17
	2	467	3,95
	2	1163	2,98

Para a determinação das equações, que passam a expressar o comportamento para o Grupo Único foi considerado o ponto médio para cada valor de peso; que deu origem à seguinte Curva de Tendência, conforme quadro 4.5.1.3.2 – Formação do Grupo Único.

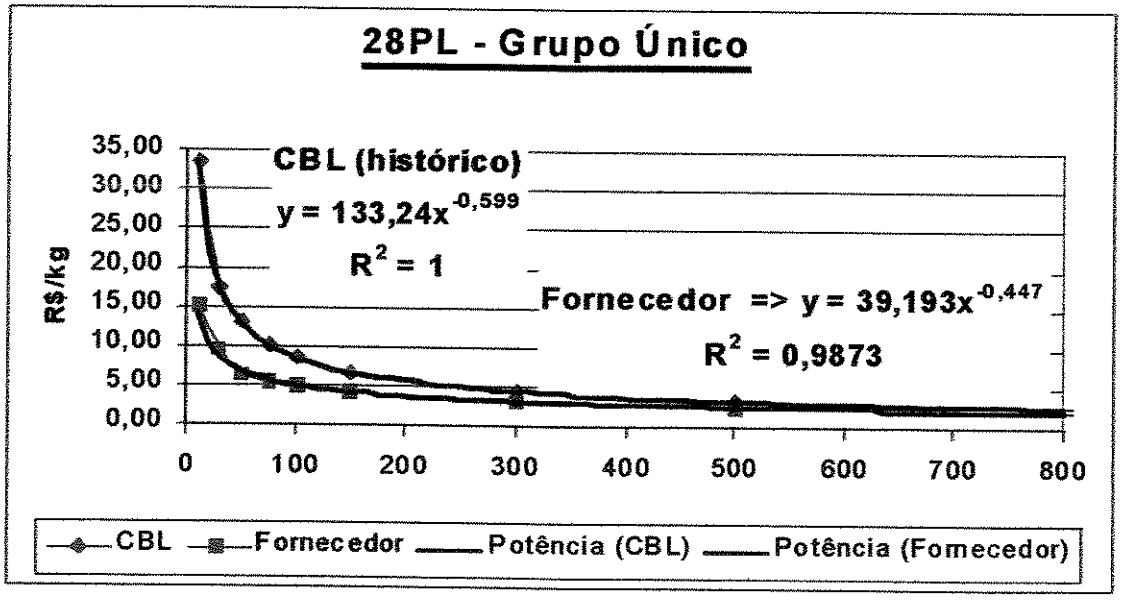
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Quadro 4.5.1.3.2 – *Formação do Grupo Único.*

Até	Grupo 1		Grupo 2		ÚNICO		
	CBL	Fornec	CBL	Fornec	CBL	Fornec	P/ Fornec
10	18,00	11,60	41,85	18,55	33,65	18,40	15,00
30	11,70	7,60	20,00	8,85	17,40	9,50	9,50
50	9,60	6,20	14,15	6,25	12,80	7,00	6,25
75	8,20	5,30	10,80	4,80	10,00	5,50	5,30
100	7,30	4,70	8,90	4,00	8,45	4,60	4,70
150	6,25	4,00	6,75	3,00	6,60	3,60	4,00
300	4,80	3,00	4,25	1,90	4,35	2,40	3,00
500	3,95	2,50	3,00	1,35	3,20	1,75	2,50
> 1000	3,00	1,95	1,90	0,85	2,15	1,15	1,95

Traçando-se os pontos no eixo Y os valores do Preço/Peso e no eixo X os valores respectivos pesos, unindo esses pontos obtivemos as Curvas de tendência para o Processo, tanto para a CBL como para o Prestador de Serviços, conforme gráfico 4.5.1.3.2 – Curvas de Tendências para os 28PL – Grupo Único, abaixo.

Gráfico 4.5.1.3.2 – *Curvas de Tendência para os 28PL – Grupo Único*



Para a implementação desse novo processo para compra dos produtos 28PL's foi firmado contrato com duas empresas prestadoras de serviços, da região de Piracicaba, para maior garantia do processo na continuidade dos trabalhos.

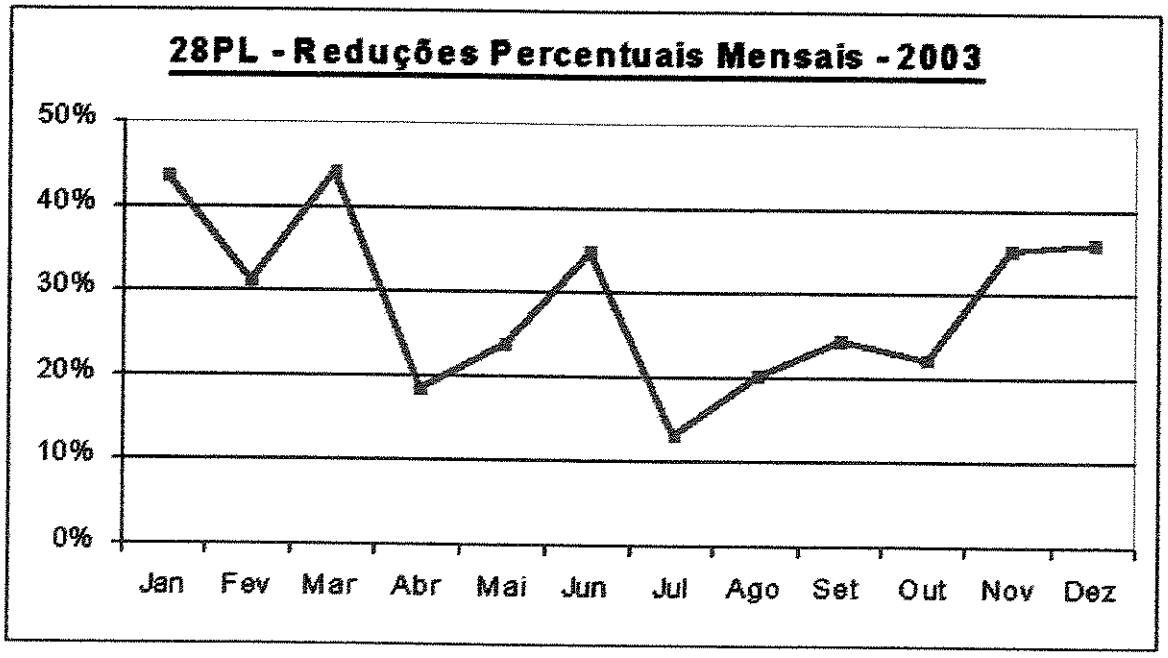
4.5.1.4 – Implementação

Está implementada essa nova sistemática de compra para os 28PL's deste dezembro de 2002. Essa aplicação ficou válida para os itens de aço que são manufaturados, que incorporam o produto 28PL; para o caso dos componentes já manufaturados, tais como motoredutores, painéis elétricos, rolamentos, materiais não metálicos e similares devem ser pagos em separados – não pelo referencial, mas devem fazer parte do custo do produto, e previamente sabidos quando da entrega do projeto em Autocad; Os valores desses componentes incorporados devem estar sujeitos a constantes auditorias, para que tanto prestador de serviços como a CBL estejam plenamente cientes do custo final do produto, do valor praticado pelo mercado por estes componentes.

4.5.1.5 – Controle

O controle desse processo é monitorado mensalmente pelos projetistas da Engenharia de Fábrica e reportados aos responsáveis pelo Seis Sigma na CBL, cujo controle está sujeito a constantes auditorias por parte da Companhia.

Gráfico 4.5.1.5.1 – ***28PL – Reduções Percentuais Mensais – 2003***



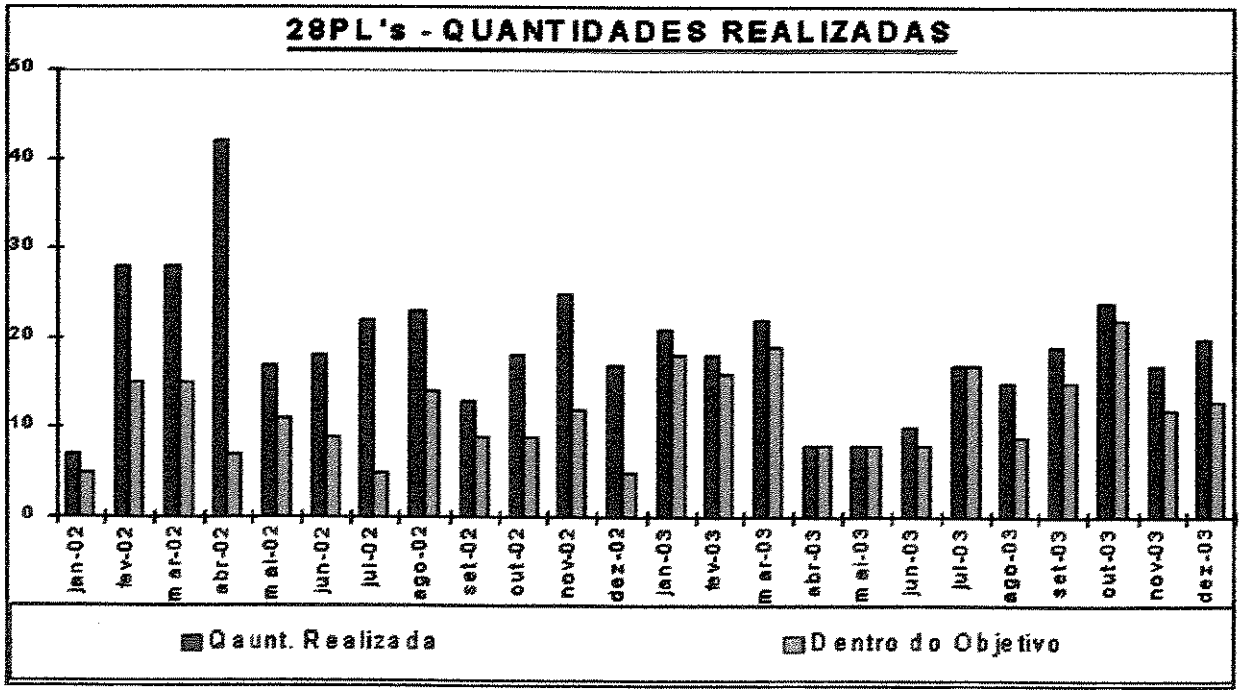
Com os apontamentos registrados mensalmente no ano de 2003, conforme o gráfico 4.5.1.5.1 – 28PL – Reduções Percentuais Mensais – 2003, são observados os ganhos em porcentagens sobre o custo do novo processo com o de fabricar com o prestador de serviços de Serralheria, que antigamente desenvolvia esta função.

As flutuações observadas no gráfico são relativas às diferenças dos diferentes dispositivos fabricados com pesos diferentes e a variação da quantidade de dispositivos solicitados pelo Planejamento da CBL, em função de novas implementações de produtos e/ou melhorias nas áreas de produção.

Podemos observar, através do Gráfico 4.5.1.5.2 – 28PL's – Quantidades Realizadas, que houve um aumento nas quantidades realizadas dentro dos objetivos de tempo de resposta.

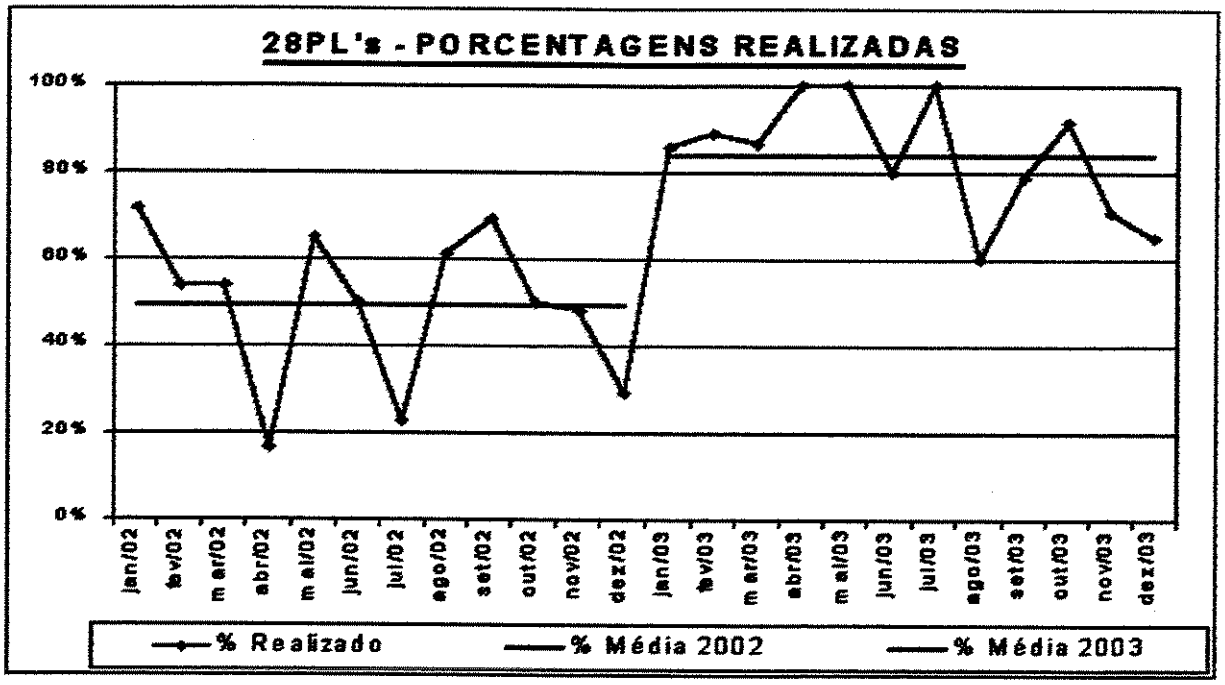
E este aumento pode ser considerado mais significativo devido à redução dos tempos de resposta para confecção do bem – desde o projeto até o try out – o objetivo de tempo de resposta passou de 120 dias no ano de 2002, para 60 dias para o ano de 2003; atendendo aos requisitos dos nossos clientes.

Gráfico 4.5.1.5.2 – *28PL's Quantidades Realizadas*



E através do Gráfico 4.5.1.5.3 – 28PL's – Porcentagens Realizadas, podemos verificar que a porcentagem média dos trabalhos atendidos dentro dos prazos pré-estabelecido aumentou de 49% para 84%.

Gráfico 4.5.1.5.3 – *28PL's – Porcentagens Realizadas*



Com a introdução do novo processo – proposta da compra externa através do referencial [R$/kg] – as principais vantagens para a Caterpillar, foram:

1.- Redução de 100% da variabilidade do custo; por que todos os dispositivos 28PL fabricados se enquadram dentro da mesma curva, que o determinam o seu custo em função do seu pesos;

2.- Redução do tempo de atendimento ao Cliente de (120) para (60) dias;

3.- Ganhos escalonados e projetos enxutos; que podem varia de 10 a 55% em função do peso dos dispositivo e da variação dos custos do processo CBL e do Prestador de Serviços, externo;

4.- Quem projeta fabrica, evitando Responsabilidades Divididas;

5.- Variação no volume de 28PL's fica sob o Gerenciamento do Fornecedor;

6.- Redução no efetivo interno de 8 homens (Serralheria);

Para os casos de reajuste decorrentes de variações no custo dos materiais e da mão-de-obra ficou para o Comprador e o Prestador de Serviços à negociação final a partir da expressão inicial, para não tirar do setor de Compras as suas atribuições e competências.

A Engenharia de Fábrica em parceria com os novos Fornecedores determinaram a proporção relativa à mão-de-obra e de material para as várias faixas de peso, para os produtos; estes valores deverão ser aplicados nos casos de renegociações e/ou realinhamentos de preços, quadro 4.5.1.5.1 – Composições para Negociações e/ou Realimentos, determinando novas curvas para cálculo do custo do produto 28PL, em função do referencial R$/kg.

Quadro 4.5.1.5.1 – ***Composições para Negociações e/ou Realimentos.***

PESO	MAT (a)	MO (b)	GRUPO
50 kg	40 %	60 %	0 ~ 100 kg
200 kg	67 %	33 %	101 ~ 400 kg
1000 kg	77 %	23 %	401 ~ 1000 kg

$y = 39{,}193\,x^{-0{,}447}$

Composição para Negociações e/ou Realinhamentos→ **Custo (C) = a y + b y**

GRUPO	MAT (a)	MO (b)	Custo (C) = a y + b y
0 ~ 100 kg	40 %	60 %	
101 ~ 400 kg	67 %	33 %	
401 ~ 1000 kg	77 %	23 %	Custo (C) = 0,77 y (1,r) + 0,23 y (1,r)

Outro projeto que originou da mesma recomendação de abandonar o sistema de pagamento por cessão de mão-de-obra do prestador de serviços foi o de "Compra do Produto 28PE de Fornecedor Externo Especializado", que passa a ser descrito em suas várias fases conforme a Metodologia Seis Sigma DMAIC.

4.5.2 – Compra do Produto 28PE

Os **28PE's**, figura 4.5.2.1 – Dispositivo Levantador, com correntes e ganchos forjados – são dispositivos utilizados para a movimentação e posicionamento de peças; as peças componentes dos produtos Caterpillar são de grande volume e massa e necessitam desses dispositivos, fabricados com correntes metálicas, para melhor mobilidade; com componentes especificamente projetados nas extremidades para melhor "pega" para proporcionar o seu realocamento entre as etapas de manufatura.

Os levantadores (28PE) requerem grandes cuidados na sua elaboração, pois quando da sua operacionalidade conta com um grande envolvimento do operador e se esses dispositivos forem mal executados colocam em grande risco a segurança do operador.

Figura 4.5.2.1 – Dispositivo Levantador, com correntes e ganchos forjados.

Fonte: Linha de Fabricação da Caterpillar Brasil Ltda, 2002.

4.5.2.1 – Situação Inicial

Semelhante aos 28PL's, os 28PE's tinham seu projeto realizado por um prestador de serviços, e após breve verificação pelos projetistas eram liberados para a Serralheria – também terceirizada – que analisava o projeto e emitia requisições para o Almoxarifado, e por sua vez o Almoxarifado solicitava para Compras os itens que não tivessem estoque adequado, para que processassem as aquisições.

Depois que todo o material estivesse aprovisionado, era iniciada a fabricação pela Serralheria, que executava o dispositivo e realizava os testes de primeira utilização na presença do projetista da Engenharia de Fábrica.

Para se conhecer melhor custo desse processo foram levantados dados relativos aos

dispositivos fabricados, mediante solicitação de OSE, valores com que forem capitalizados pela contabilidade da Caterpillar.

4.5.2.2 – Medições do Processo Original

Todos os dispositivos novos 28PE's são realizados mediante solicitação do Planejamento, pelos processadores através de emissão do documento OSE.

Esses dispositivos possuem grande similaridade em suas configurações e grande padronização em função da capacidade de levantamento que possuem, tornando possível se trabalhar com classificações para os 28PE's; por exemplo, DLB2A – Dispositivo Levantador de Baixa Complexidade com 2 pernas com capacidade de 500 kgf.

E através dessas classificações foram levantados todos os dispositivos fabricados entre novembro de 2001 a dezembro de 2002. Com esses dados foi possível se consultar o mercado e avaliar se houvesse algo competitivo em custo, qualidade de projetos e tempo de resposta.

4.5.2.3 – Análise

Foi elaborado um escopo para compra do dispositivo 28PE completo de fornecedor especializado de componentes, que muitas das vezes se oferece para entrar o dispositivo montado ao invés dos seus componentes em avulso.

Em consulta ao mercado com o escopo onde os proponentes deveriam apresentar proposta para projetar (desenho em AutoCad), fabricar e acompanhar a primeira utilização e prover as correções se necessário; Cinco empresas se mostraram interessadas e capacitadas para participarem desta concorrência para a prestação desses trabalhos, indo de encontro às necessidades da Engenharia de Fábrica.

4.5.2.4 – Implementação

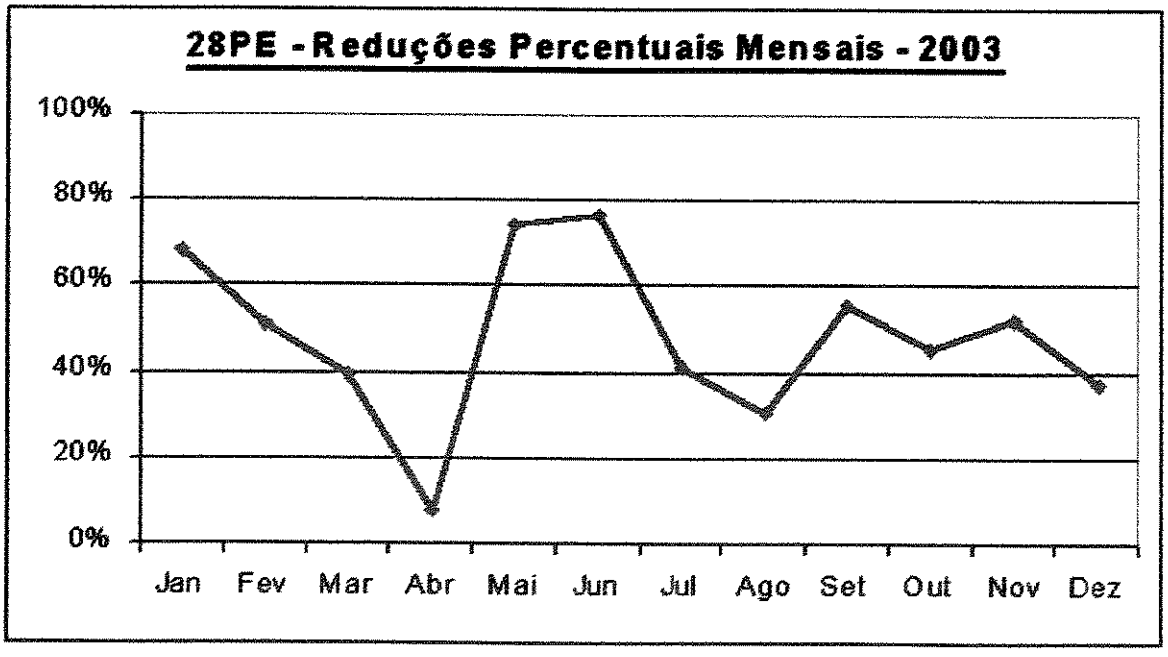
A implementação deste novo processo, com a transferência para o Fornecedor de toda a responsabilidade pelo ciclo completo, se deram a partir de outubro de 2002, com empresa especializada no ramo de componentes para dispositivos de movimentação situada na cidade de São Paulo, provendo ganhos significativos conforme demonstrado na fase de controle dessa melhoria, eliminando desse processo os vários fornecedores necessários, onde um projetava, o outro fabricava, e um outro fazia os testes, etc.

4.5.2.5 – Controle

Levantamentos realizados durante o ano de 2003 apontaram grandes ganhos percentuais entre a obtenção dos produtos 28PE's adquiridos externamente em relação ao processo anterior onde vários prestadores de serviços realizavam partes do produto, como pode ser observado no gráfico 4.5.2.5.1 – 28PE – Reduções Percentuais Mensais – 2003.

As variações observadas no gráfico referem-se as diferenças de custos entre os dois processos e à variação da quantidade de dispositivos solicitados pelo Planejamento da CBL em função de novas implementações de produtos e/ou melhorias nas áreas de produção.

Gráfico 4.5.2.5.1 – *28PE – Reduções Percentuais Mensais – 2003*



O gráfico 4.5.2.5.2 – 28PE's – Quantidades Realizadas, mostra que houve um aumento nas quantidades atendidas do ano 2002 para o ano 2003; e houve uma redução nos tempos de respostas de 90 para 45 dias, tornando ainda mais relevante esta melhoria, após a implementação desse novo processo de obtenção dos 28PE's.

Gráfico 4.5.2.5.2 – *28PE's – Quantidades Realizadas*

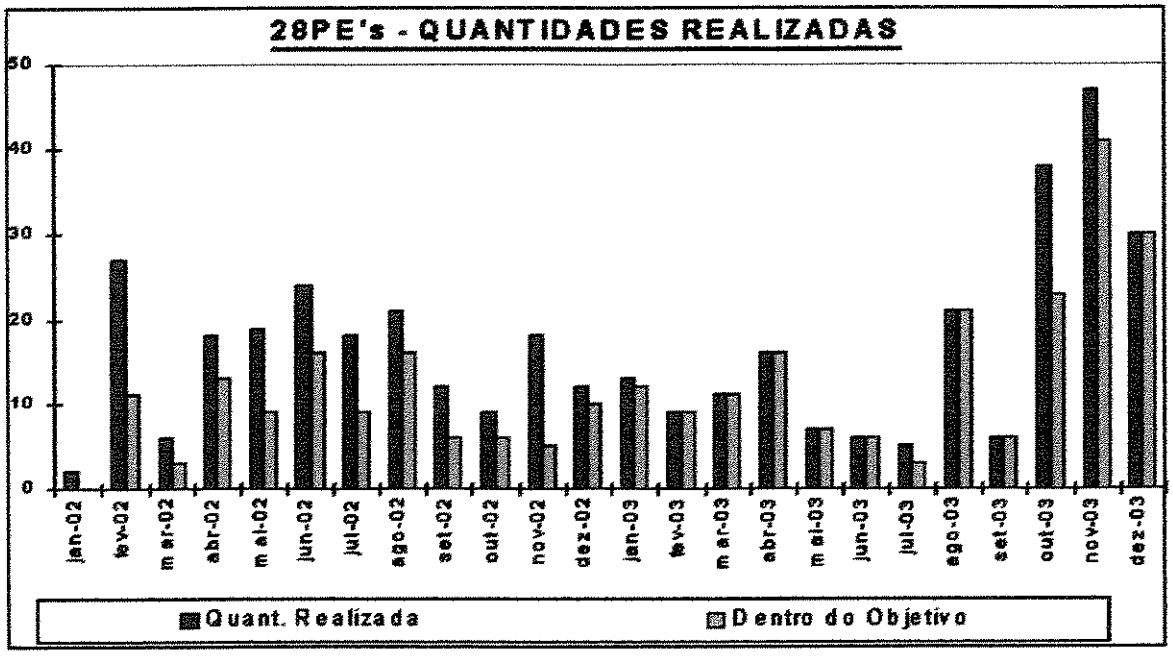
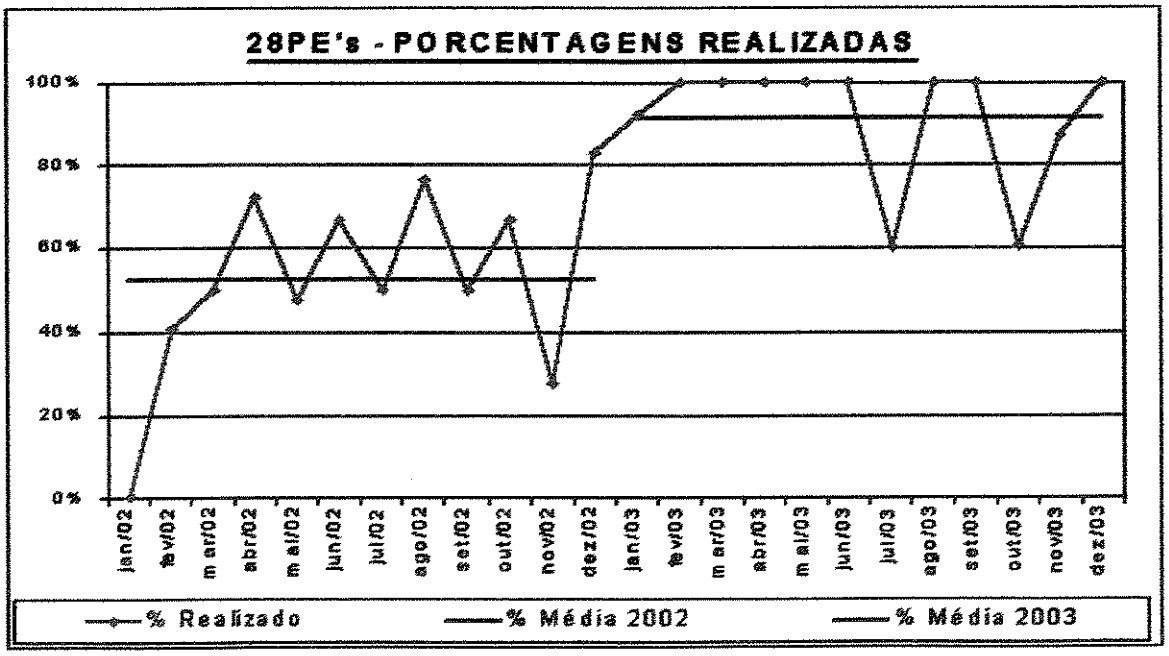


Gráfico 4.5.2.5.3 – *28PE's – Porcentagens Realizadas*



O gráfico 4.5.1.5.3 – 28PE's – Porcentagens Realizadas, mostra uma melhoria na porcentagem de trabalhos realizados, passando de 53% para 92% dos trabalhos recebidos sendo atendidos dentro dos objetivos de tempo de resposta, comparando 2002 com 2003.

Quanto à recomendação do projeto Seis Sigma sobre a necessidade de: "Definir Responsabilidades e Controles, onde as fases do processo não são claramente medidas e/ou conhecidas; pela falta de controles, a Engenharia de Fábrica não exercer completo monitoramento sob o seu próprio processo. Não conhecendo nem medindo os indicadores mínimos do seu desempenho e nem os do Prestador de Serviços" foi conduzido o projeto descrito em 4.5.3 – Confecção de Orçamentos por Terceiros, com o objetivo de disponibilizar horas livres de trabalho para que os projetistas se dediquem ao controle e monitoramento dos serviços prestados, baseando-se na mesma metodologia Seis Sigma DMAIC, que passa a ser detalhado:

4.5.3 – Confecção de Orçamentos por Terceiros

Os três projetistas da Engenharia de Fábrica, da Caterpillar, trabalham focados basicamente em três grupos de trabalhos:

Nas SSE – Solicitação de Serviços Especiais – é o documento utilizado pelo planejamento para solicitar uma estimativa dos custos e prazos para a realização de um equipamento ou uma melhoria; envolve atividades de contato com o solicitante para colher detalhes do trabalho, idealizar o pré-projeto e elaborar o orçamento.

Em OSE – Ordem de Serviço Especial – documento utilizado pelo Planejamento para a liberação de execução para a confecção do trabalho desejado; é um documento que descrimina o trabalho a ser realizado e fornece dados para alocar os valores despendidos. Algumas das principais atividades passam pelo projeto, a liberação para projetos terceirizados, a checagem de projeto, a liberação para confecção e assessoramento e acompanhamento da fabricação.

E o terceiro grupo são as "Outras Atividades" que englobam tarefas de acompanhamento da primeira utilização do produto fabricado, atendimento a consultas do planejamento, representar a Engenharia de Fábrica em reuniões, prover atualizações nos desenhos dos dispositivos existentes

e registros para controle dos 28PL's e 28PE's.

4.5.3.1 – Situação Inicial

A Engenharia de Fábrica recebe SSE's da área de Planejamento, através de seus processadores esses documentos com o objetivo de se ter um anteprojeto e um custo do dispositivo solicitado para auxiliar a produção.

Para a responder a essa solicitação muitas das vezes é necessário consultar desenhos de produtos Caterpillar, realizar cálculos de dimensionamentos, consultar catálogos fornecedores de componentes de produtos, estimar custos e responder ao documento SSE; que deve ser devolvida ao processador, que se encarrega de fazer uma análise de viabilidade econômica do bem a ser produzido.

Se houver viabilidade na realização do bem o processador emite uma OSE e envia para a Engenharia de Fábrica para que dê inicio efetivo na elaboração do dispositivo, que deve passar pela fase de projeto por um fornecedor contratado que o realiza em AutoCad. Os projetistas avaliam o projeto e as horas que o prestador de serviços preiteia pelo trabalho realizado e a ser pago pela Caterpillar ao Prestador de Serviços de Projetos.

Após breve verificação, o projeto é liberado para execução via OSE para a Serralheria terceirizada, instalada dentro da planta da CBL, para que realize as fases do processo para a fabricação, que quando da conclusão os projetistas são novamente acionados para acompanhar os testes relativos a primeira utilização.

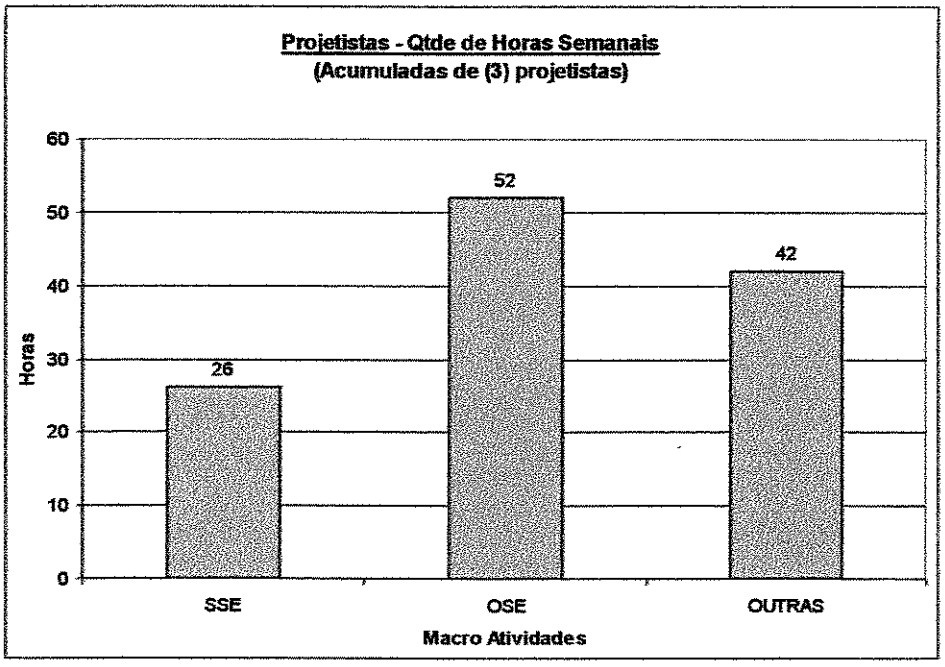
4.5.3.2 – Medições do Processo Original

Em um levantamento, junto aos três projetistas, baseado em suas observações e experiências, observou-se que semanalmente, conforme demonstrado no Gráfico 4.5.3.2.1 – Macro Atividades dos Projetistas abaixo, são despendidas:

- (26) h com as SSE's; - (52) h com as OSE's; - (42) h com Outras Atividades;

Com as medições realizadas, o próximo passo será o de análise do processo visando oportunidades de melhorias.

Gráfico 4.5.3.2.1 – Macro Atividades dos Projetistas



4.5.3.3 – Análise

A tarefa de projetar é realizada com mão-de-obra do Prestador de Serviços, que abrange atividades de colher informações com o solicitante, elaborar pré-estudo, cálculos preliminares, desenho de montagem e detalhamento. As primeiras atividades de colher informações, elaborar pré-estudo, cálculos dimensionais são praticamente as mesmas de quando se elabora um orçamento, usadas para responder SSE, porém com um grau de precisão e detalhamento não exatamente tão precisa de quando vai se partir para a construção.

Baseado nesses argumentos, a atividade de responder SSE's – confecção de orçamentos – passou a ser comprada do Prestador de Serviços evitando a duplicidade de tarefas, do orçamento e de quando a execução do projeto em conformidade a necessidade de disponibilizando mais horas para que os projetistas exercerem maior monitoramento e controle sobre a administração

dos trabalhos. Estando focado em datas de entrega, custos, concepção – itens que os clientes da Engenharia de Fábrica objetivam em seus dispositivos, que, por sua vez, dão melhores condições à produção da CBL.

4.5.3.4 – Implementação

Com os orçamentos sendo realizados pelo Prestador de Serviços de projetos abriu-se a possibilidade de atender dos orçamentos dentro dos prazos de 30 dias, conforme a expectativa dos clientes internos da Engenharia de Fábrica. E atender a todo o volume de solicitações, uma vez que o Prestador de Serviços não tem limitação quanto à quantidade de mão-de-obra a ser empregada nas atividades.

Essa implementação vem sendo praticada desde dezembro de 2002, atendendo plenamente os RCC's.

4.5.3.5 – Controle

Com a transferência dessas atividades ao Prestador de Serviços produziram ganhos financeiros devidos à própria diferença entre o custo hora de projeto da CBL e do Terceiro, cuja evolução está reportada mês-a-mês, durante o ano de 2003, no gráfico 4.5.3.5.1 – Projetos Terceirizados – Ganhos Mensais – 2003.

Pelo gráfico 4.5.3.5.2 – Orçamentos – Quantidades Realizadas – podemos observar um aumento no atendimento aos documentos, que solicitam orçamentos (SSE's) para a confecção dos produtos 28PL's e 28PE's, referente aos anos de 2002 e 2003, respectivamente. Este aumento se deve a possibilidade do Prestador de Serviços poder aumentar a sua mão de obra, conforme a carga de trabalho, o que não era possível internamente na CBL.

Os atendimentos a esses orçamentos foram ainda maiores, por que a partir de 2003, os orçamentos referentes aos 28PE's passaram a serem obtidos através de tabelas pré-acordada com o Prestador de Serviços correspondente.

Gráfico 4.5.3.5.1 – *Projetos Terceirizados – Ganhos Mensais – 2003.*

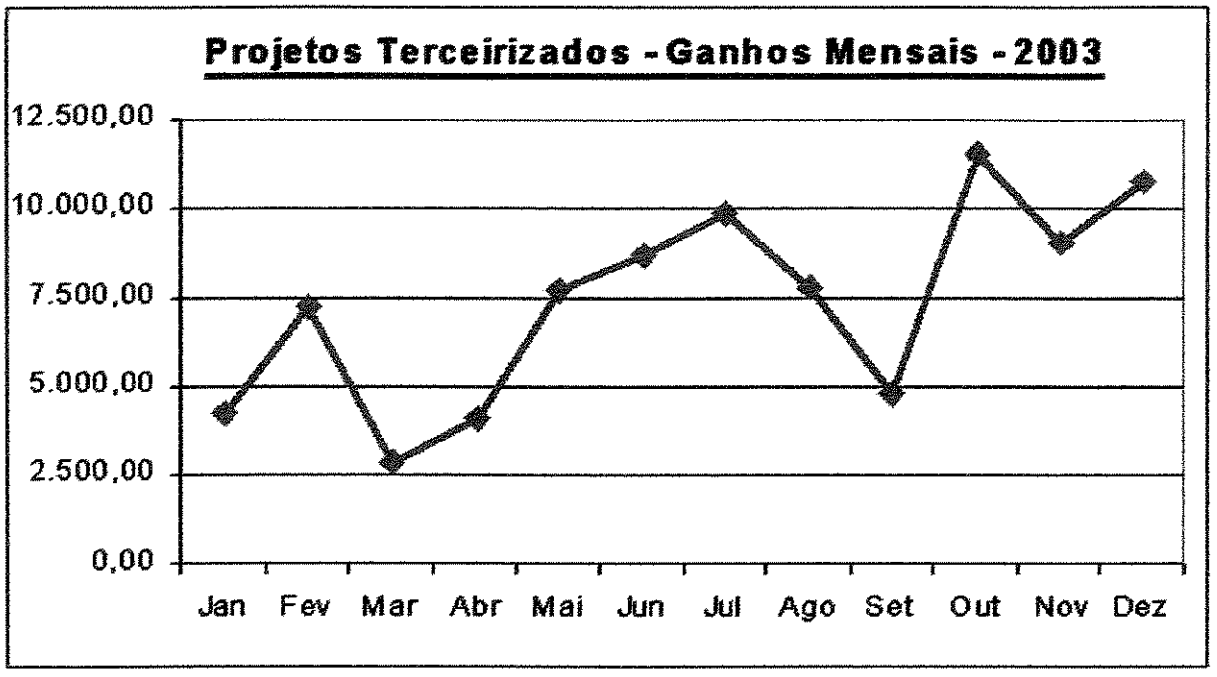
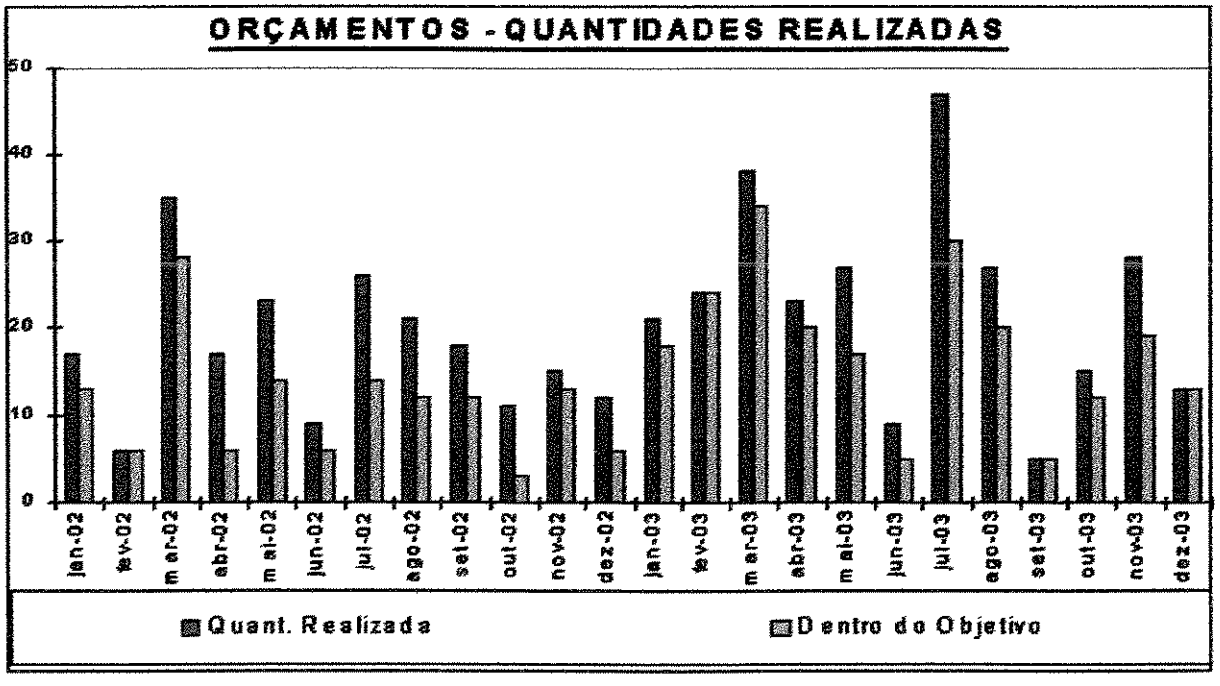
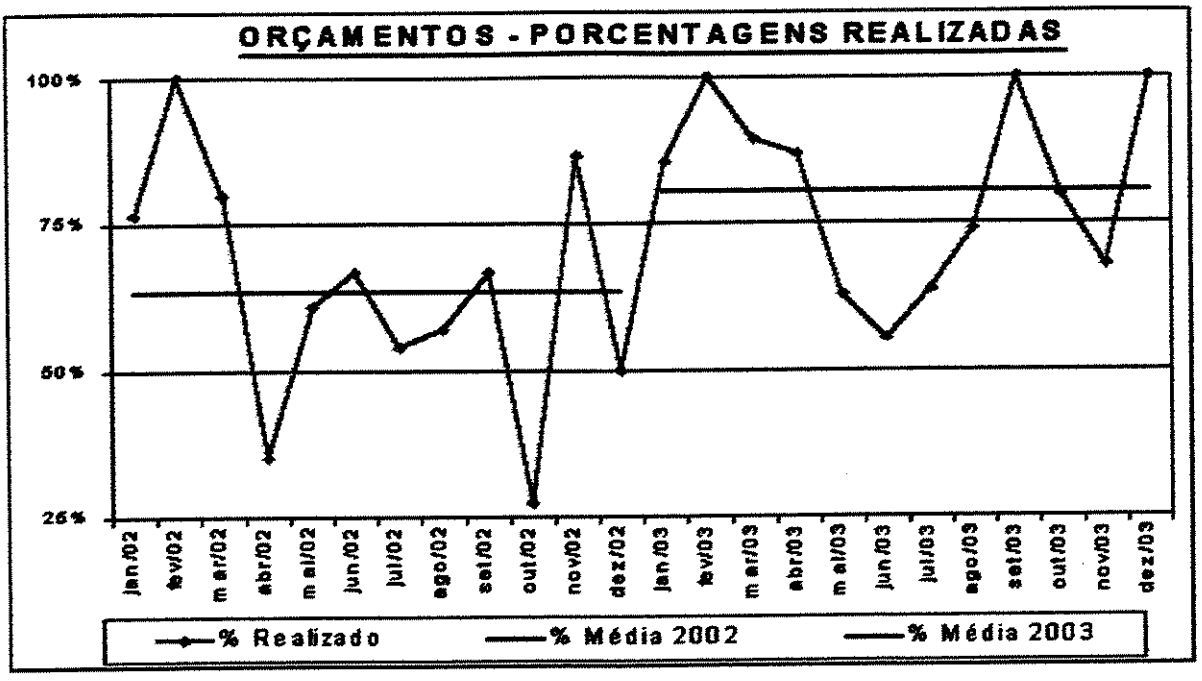


Gráfico 4.5.3.5.2 – *Orçamentos – Quantidades Realizadas*



E através do gráfico 4.5.3.5.3 – Orçamentos – Porcentagens Realizadas – podemos observar um aumento no atendimento aos documentos, que solicitam orçamentos (SSE's) para a confecção dos produtos 28PL's e 28PE's, que passou de 63% para 81% a porcentagem média das solicitações atendidas sobre o total solicitado, referente aos anos de 2002 e 2003.

Gráfico 4.5.3.5.3 – *Orçamentos – Porcentagens Realizadas*



Outros ganhos foram à eliminação da duplicidade de trabalhos, e a possibilidade de proporcionar um mínimo 26 horas semanais a mais, que os projetistas possam se dedicar a assuntos administrativos de seus trabalhos – foco principal requerido pelos clientes e pela recomendação do projeto Seis Sigma principal.

Capítulo 5
Conclusão

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia de gerenciamento que tem sido adotada pelas empresas de renome internacional, e que tem revolucionado o mundo dos negócios nas grandes corporações. Esta metodologia que se aplica nos processos operacionais ou transacionais com o objetivo de melhora-lo, atacando as causas raízes, e alcançando alto nível de qualidade.

A grande diferença talvez esteja na forma organizacional do Seis Sigma, que exige um grande comprometimento da alta administração, formada por equipes altamente treinadas, sendo geralmente a iniciativa liderada pelo chefe executivo da empresa, caso da Honeywell (AlliedSignal) com o seu principal executivo Larry Bossidy, a GE com Jack Welch, e que a Caterpillar, encabeçada pelo seu principal executivo, Glen Barton, tem usado como estratégia junto aos seus clientes, fornecedores e funcionários que, segundo o relatório anual da Companhia, de 2003, conta com mais de 14.000 treinados como Faixa Verdes e 1900 como Faixas Pretas, num total de 25.000 funcionários engajados no mundo todo. E aqui, no Brasil, com 4 Mestres Faixas Pretas, 40 Faixas Pretas, 390 Faixas Verdes e 97% dos empregados com treinamento de Faixas Amarelas, tendo alcançado no ano de 2003 173,7% do Objetivo Financeiro.

Também, a forma sistemática e metódica com que as atividades de cada passo devam ser seguidas, assegura que o sucesso seja alcançado, sempre baseado em fatos e dados.

O grande benefício conseguido pelas empresas, além da melhoria da qualidade, é o benefício financeiro, pois processos melhorados convertem-se em redução de custo para as empresas. Talvez possa-se dizer que o grande atrativo da metodologia Seis Sigma, é que, nos processos melhorados, eles são mantidos através do monitoramento contínuo do desempenho Sigma do processo, isto é, o que se chama de ganho de melhoria com sustentação de ganho.

Como observado nos estudos de caso apresentados, pôde-se obter os objetivos almejados, minimizando o uso de mão-de-obra do Prestador de Serviços interno na CBL (serviços de Serralheria), que trabalha por cessão de mão-de-obra passando a ser comprado externamente que no caso dos 28PL's um único fornecedor passou a realizar o processo completo (projeto, fabricação, teste de primeira utilização e adequação quando necessário) através de referencial R$/kg, que definiu regras bem claras tanto para a CBL como para o Fornecedor.

No caso dos 28PE's, a sua execução foi transferida para um fornecedor especializado em movimentações que pôde oferecer redução de 60 para 30 dias o tempo de resposta, entre a data de recebimento da OSE que libera a sua execução até a data de entrega do produto na CBL, também sendo um único responsável por todas as etapas do processo.

Quanto à confecção dos orçamentos pelo Prestador de Serviços de projetos, conforme descrito no estudo de caso, atendeu plenamente à necessidade de se conseguir horas para que os projetistas cuidassem mais do todo, do processo como donos dos trabalhos gerados pelas OSE's do que nos detalhes de cada fase. E conseguiu eliminar a duplicidade dos trabalhos que são as informações que eram utilizadas no orçamento e eram novamente levantadas quando da execução e houve uma tendência lógica da diferença entre o orçado e o gasto na construção serem praticamente eliminados.

Todos os estudos de casos trouxeram através da aplicação da Metodologia 6 Sigma ganhos financeiros e redução no tempo de processo, itens que vem de encontro com os requisitos críticos dos clientes, dando a Engenharia de Fábrica maior credibilidade nas datas de promessa e rapidez de resposta junto aos nossos clientes – os processadores da área de Planejamento.

Enfim, parece uma necessidade do mundo atual dos negócios, onde a globalização trouxe um campo de competição muito maior que no passado, onde a eliminação do desperdício, e a eficiência das operações, em qualquer que seja o tipo do negócio, é uma questão de sobrevivência.

Por tanto essa é uma metodologia que veio para ficar e não uma onda passageira, mostrando com dados e fatos situações antes e depois de uma melhoria ser testada e, então, daí então implementada.

Referências Bibliográficas

ABRANTES, José.; *Programa 8S – A Base Da Filosofia Seis Sigma,* São Paulo: Editora Interciência Ltda, Brasil, 2001.

CAMPOS, Marco S.; *Em busca do padrão Seis Sigma,* Revista Exame 02/junho/1999, p74.

CAMPOS, Marco S., *Seis Sigma – qualidade com lucratividade*. Boletim Causa e efeito. Ano III – nº 5 - Janeiro 1999.

CAMPOS, Marco S., *Seis Sigma – por que funciona?* Boletim Causa e efeito. Ano IV – nº 6 - Janeiro 2000.

CAMPOS, Marco S.; *Em busca do padrão Seis Sigma,* Revista Exame 02/junho/1999, p74.

CATERPILLAR BRASIL LTDA, Módulo Introdutório Treinamento Black Belt da Caterpillar Brasil, Piracicaba, 2001.

CHOWDHURY, Subir.; *O Poder do Seis Sigma,* Rio de Janeiro: Editora Record Ltda, Brasil 2001.

CHOWDHURY, Subir.; *Quem Comeu O Meu Hambúrguer?* Rio de Janeiro: Editora Record Ltda, Brasil 2001.

DEL JONES, Fed may unleash Six Sigma on terrorism, http://www.usatoday.com/money/companies/manegement/2002-10-30-sixsigma_x.html. Acesso em: 31/10/2002.

ECKES, George.; *A Revolução Seis Sigma*, São Paulo: Editora Campus Ltda, 272 p, Brasil 1999.

ERWIN, Jane, *Achieving total customer satisfaction through Six Sigma* – Quality digest, v.m.p. 13-14-15, july 1998.

GARY, Cone., Presidente da GPS *Global Productivity Solutions*, empresa de consultoria. Revista HSM Management v.m.p. 28-29-30-31-32-33, N°2 Janeiro/Fevereiro 2001.

HARRY, Mikel; Schroeder, Richard; *Six Sigma, the BREAKTHROUGH Managemen Strategy Revolutionizing the Words Top Corporations*, New York: Editora Currency, 2000.

I SIX SIGMA. http://www.isixsigma.com/me/dmaic. Acesso em: 15/02/2002.

KRATOWICS, Russ., *Why six sigma?* http://www.plantservices.com/Web_First/PS.nsf/ArticleID/RKRZ-4UNRW7/. Acesso em: 05/04/2002.

LANGLEY, Gerald J., Nolan, Kevin M., Nolan, Thomas W., Norman, Clifford L., Provost Lloyd P., *The Improvement Guide – A Pratical Approach to Enhancing Organizational Performance*, San Francisco: Jossey-Bass Publihers, USA, 1996.

METODOLOGIA SIX SIGMA, http://www.motorola.com/br/sixsigma/metodologia.html Acesso em: 31/01/2002.

PANDE, Peter S., Neuman P. Robert, Cavanagh Roland R.; *Estratégia Seis Sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.* Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001, 472 p.

PYZDEK, Thomas.; A revolução Seis Sigma, Revista Banas Qualidade, Maio/2000, p38.

PYZDEK, Thomas., Motorola's Six Sigma Program. http://www.qualitydigest.com/dec97/html/motsix.html. Acesso em: 15/10/2002.

REVISTA BANAS QUALIDADE, Out/2000 - *Os personagens do Seis Sigma* http://www.banasqualidade.com.br/materiaprint.asp Acesso em: 10/01/2 002.

REVISTA BANAS QUALIDADE, Seis Sigma: sonho ou realidade, Maio /2000, p 31.

ROTONDARO, Robert G.; *Seis Sigma – Estratégia Gerencial Para A Melhoria De Processos, Produtos e Serviços.* São Paulo: Editora Atlas Ltda, Brasil, 2001, 376 p.

SIX SIGMA ACADEMY, http://www.6-sigma.com/WhoWeAre.htm. Acesso em: 12/04/2001

STANLEY, Marash.; Seis Sigma: filosofia ou prática? Revista Banas Qualidade, Maio/2000, p44.

WERKEMA, Maria Cristina.; *Criando A Cultura Seis Sigma.* Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 256 p. Brasil 2002.

WILSON, Mário P. *Seis Sigma – Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios.* Rio de Janeiro: Editora Qualitymark Ltda, 2000.