ANTONIO CARLOS TONINI

**A CONTRIBUIÇÃO DO SEIS SIGMA PARA A MELHORIA DOS
PROCESSOS DE SOFTWARE**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia

São Paulo
2006

ANTONIO CARLOS TONINI

**A CONTRIBUIÇÃO DO SEIS SIGMA PARA A MELHORIA DOS
PROCESSOS DE SOFTWARE**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Produção

Orientador
Prof. Dr.
Mauro de Mesquita Spinola

São Paulo
2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

E-MAIL PARA CONTATO COM O AUTOR: antonio.tonini@poli.usp.br

FICHA CATALOGRÁFICA

(elaborada pelo Serviço de Processamento Técnico Divisão de Biblioteca da Escola Politécnica da USP)

Tonini, Antonio Carlos

A contribuição do seis sigma para a melhoria dos processos
de software / A.C.Tonini.—São Paulo, 2006.
231 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
São Paulo. Departamento de Engenharia da Produção.

1.Tecnologia da informação 2.Administração 3.Gestão da
informação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Antonio Carlos Tonini

A contribuição do Seis Sigma para a melhoria dos processos de software

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Produção

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

When you're failing, you're forced to be creative, to dig deep and think hard, night and day. Every company needs people who have been through that. Every company needs people who have made mistakes and then made the most of them.

It's fine to celebrate success but it is more important to heed the lessons of failure.

(Bill Gates. The Guardian, 27 April 1995)

The universe of ideas cannot be deduced (only) from experience by logical means.

(Albert Einstein)

Give me six hours to chop down a tree and I will spend the first four sharpening the axe.

(Abraham Lincoln)

AGRADECIMENTOS

A Deus pelos dons da vida, da saúde e da inteligência, que me incentivam a estudar cada vez mais e compartilhar as riquezas e as belezas do conhecimento com os meus semelhantes.

Ao professor doutor Mauro de Mesquita Spínola, pela orientação segura, paciente e amiga que me deram a confiança de estar na rota certa e me incentivaram nos muitos momentos de dúvidas e dificuldades.

Aos professores doutores Aguinaldo Aragon Fernandes e Fernando José Barbin Laurindo pelo incentivo, dedicação e orientações precisas que fizeram com que este trabalho ganhasse um nível maior de qualidade.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP pelas inestimáveis e duradouras lições que me transmitiram.

Às empresas que colaboraram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, na pessoa de seus gerentes Márcio, José Mario, Joseane, Renata e Álvaro.

À Renata, pelo carinho, exemplo e compreensão, que se tornaram as maiores fontes de inspiração e desejo na minha carreira.

A todas pessoas que a vida teve o capricho de cruzar os nossos caminhos em diferentes e importantes momentos da minha vida.

Visualizo a vitória muito mais do que um objetivo pessoal, mas como o resultado de todos os que me ajudaram e, por isso, juntos fizemos a mágica transformar uma idéia em algo muito além dos seis sigmas...

Obrigado.

RESUMO

TONINI, A.C. **A contribuição do Seis Sigma para a melhoria dos processos de software.** 2006. 231 fl. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia da Produção. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2006.

Uma das grandes dificuldades do desenvolvimento de *software* é adequar, de forma sistemática, os esforços na resolução de problemas e nas melhorias dos processos internos aos objetivos do negócio. O Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade dos processos e o alinhamento com as estratégias empresariais, proporcionando altos ganhos financeiros para quem o utiliza. Surgido inicialmente na manufatura, o Seis Sigma vem sendo aplicado também noutros setores. No desenvolvimento de *software*, o seu uso é ainda restrito, mas há indícios de que possa ser utilizado com o mesmo sucesso. O objetivo desta dissertação de mestrado é propor um roteiro específico para a implementação do Seis Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software*. Além do levantamento teórico, foi realizado um estudo de casos múltiplos para analisar as razões da sua adoção, as modalidades de seu uso, os seus benefícios e as suas limitações para os processos de *software*. Os resultados observados mostram que o Seis Sigma pode ser aplicado total ou parcialmente na melhoria dos processos de *software*. Além disso, é necessário alguma customização nos processos do Seis Sigma convencional, uma vez que os projetos de melhoria podem estar orientados para novos produtos, novos clientes ou, ainda, que os trabalhos de desenvolvimento fiquem a cargo de novas equipes, que muitas vezes são terceirizadas. O trabalho conclui que o Seis Sigma pode contribuir efetivamente para a melhoria dos processos de *software*, independentemente da organização objetivar níveis superiores de maturidade. O estudo sugere também um roteiro específico, chamado SW-DMAIC, para a aplicação do Seis Sigma em empresas desenvolvedoras de *software*. Este roteiro é composto por três etapas: implementação da filosofia do Seis Sigma, reciclagem desta filosofia, quando necessário e execução de projetos específicos.

Palavras-chave: Seis Sigma, melhoria de processos de *software*, capacidade dos processos de *software*, SW-DMAIC.

ABSTRACT

TONINI, A.C. **A Six Sigma contribution for software process improvement.** 2006. 231 fl. Dissertation (Master degree). Production Engineering Dept. Politechnic School. University of São Paulo, 2006.

Aligning systematically efforts to solve problems and improve the software process with business goals is one of the challenges of software development. Six Sigma is a structured methodology that increases the process quality and aligning with enterprise strategies, providing high financial returns for those who uses it. Firstly applied in manufacturing companies, Six Sigma has been applied in other sectors too. It is not widely used in the software companies yet, but there are already some successful cases. The main objective of this master degree dissertation is to propose a specific roadmap for the Six Sigma application at software companies. Besides the theoretical research, it is accomplished a multiple case study to analyze the adoption reasons, the modalities of the use, the benefits and the limitations of Six Sigma for the software processes. The observed results show that Six Sigma could be applied totally or partially for software process improvement. Therefore it is necessary some tailoring in the Six Sigma processes, because improvement projects could refer for new products or new customers or some of the development work is in charge of new teams, specially when they are a outsourcing. The work has concluded that Six Sigma could contribute indeed to software process improvement, independently the enterprise is going to reach higher level maturity. This study suggests also a specific three-stage-roadmap, called SW-DMAIC, for the Six Sigma application at software companies containing processes for implementation of Six Sigma's philosophy, recycling this philosophy when it's necessary and, execution of specific Six Sigma projects.

Keywords: Six Sigma, software process improvement, software process capacity, SW-DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1 INTEGRAÇÃO: REFERENCIAL TEÓRICO X ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS.....	12
FIGURA 2-1 MODELO SIPOC	18
FIGURA 2-2 PRODUÇÃO: CARACTERÍSTICAS E MODELOS EMPRESARIAIS	19
FIGURA 2-3 AS CINCO FORÇAS COMPETITIVAS	22
FIGURA 2-4 SETE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO X SISTEMA DE PRODUÇÃO	25
FIGURA 2-5 COMPORTAMENTO DA EFICIÊNCIA	27
FIGURA 2-6 COMPORTAMENTO DA EFICÁCIA	28
FIGURA 2-7 BASES DA MELHORIA	31
FIGURA 2-8 BASES DA MELHORIA	34
FIGURA 2-9 CICLO PDCA	35
FIGURA 2-10 EVOLUÇÃO DAS TEORIAS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS NO SÉC.XX.....	36
FIGURA 2-11 RESULTADO OBTIDO PELO TQM NA MELHORIA DE UM PROCESSO	40
FIGURA 2-12 CAPACIDADE SIGMA	41
FIGURA 2-13 ESTABILIDADE X CAPACIDADE DO PROCESSO.....	46
FIGURA 2-14 LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO E DE CONTROLE.....	47
FIGURA 2-15 CICLO DE VIDA DE <i>SOFTWARE</i> X DESENVOLVIMENTO.....	58
FIGURA 2-16 ESTRUTURA DA NORMA NBR ISO / IEC 12.207:1998	59
FIGURA 2-17 DISTRIBUIÇÃO DAS SITUAÇÕES NORMAIS E DE NÃO CONFORMIDADE NO TEMPO	71
FIGURA 2-18 RELACIONAMENTO ENTRE O SEIS SIGMA E O CMMI.....	83
FIGURA 2-19 REDUÇÃO DA VARIABILIDADE NO PROCESSO DE CODIFICAÇÃO.....	86
FIGURA 2-20 MELHORIAS OBTIDAS NAS HORAS DE MANUTENÇÃO.....	87
FIGURA 3-1 ESTRUTURA DO TRABALHO DO ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS	93
FIGURA 3-2 EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE.....	119
FIGURA 3-3 EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO	120
FIGURA 3-4 EXEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO.....	128
FIGURA 3-5 EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE.....	128
FIGURA 3-6 EXEMPLO DE MATRIZ DE RESPONSABILIDADE	147
FIGURA 4-1 LISTA DE ORIGENS, MOTIVOS E CARACTERÍSTICAS MENSURÁVEIS	170
FIGURA 5-1 CARTA DE CONTROLE	203
FIGURA 5-2 ATUAÇÃO DAS CAUSAS ESPECIAIS.....	203
FIGURA 5-3 EFEITOS DE CAUSAS ESPECIAIS.....	204
FIGURA 5-4 ATUAÇÃO DE CAUSAS COMUNS.....	204
FIGURA 5-5 ZONAS PARA ANÁLISE DO CEP	205
FIGURA 5-6 LIMITES NATURAIS X LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO	206
FIGURA 5-7 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL	214
FIGURA 5-8 USO DA TABELA NORMAL PADRONIZADA	217
FIGURA 5-9 A “CASA DA QUALIDADE” NO QFD.....	218

FIGURA 5-10 RETORNO DOS INVESTIMENTOS.....	224
FIGURA 5-11 FORMULÁRIO DE REGISTRO DO FMEA.....	227

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1 SITUAÇÕES DE AUMENTO DE PRODUTIVIDADE	30
QUADRO 2-2 COMPARAÇÃO ENTRE TQM E O SEIS SIGMA	38
QUADRO 2-3 RESUMO DOS MÉTODOS DE LANÇAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA	49
QUADRO 2-4 ESTRATÉGIA DE RUPTURA	52
QUADRO 2-5 PRINCIPAIS TÉCNICAS UTILIZADAS NA IMPLANTAÇÃO DO SEIS SIGMA	53
QUADRO 2-6 PROCESSOS DE <i>SOFTWARE</i> X RESPONSABILIDADES	60
QUADRO 2-7 DISTRIBUIÇÃO DOS MOTIVOS DAS FALHAS	72
QUADRO 3-1 RESUMO DAS ESPECIFICAÇÕES METODOLÓGICAS	98
QUADRO 3-2 ATIVIDADES DO ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO.....	100
QUADRO 3-3 PROPOSIÇÕES X VARIÁVEIS X RELAÇÕES	104
QUADRO 3-4 DISTRIBUIÇÃO QUANTITATIVA DAS EMPRESAS CONTATADAS	106
QUADRO 3-5 REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS.....	110
QUADRO 3-6 MÉTODO DE EXECUÇÃO DO SEIS SIGMA.....	117
QUADRO 3-7 ACOMPANHAMENTO DA QUANTIDADE DE CASOS DE TESTE ALFA.....	118
QUADRO 3-8 RESULTADOS DE DESEMPENHO DE PROCESSOS	125
QUADRO 3-9 EXIGÊNCIA DE CLIENTES OU DESEMPENHO DE FORNECEDORES	125
QUADRO 3-10 PROCESSOS SEIS SIGMA	127
QUADRO 3-11 PRESENÇA DAS VARIÁVEIS NOS CASOS DE SUCESSO E NOS CASOS ESTUDADOS.....	151
QUADRO 3-12 RELACIONAMENTO ENTRE AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES E DEPENDENTES	152
QUADRO 3-13 APLICAÇÃO, ADOÇÃO, FOCO DO SEIS SIGMA E NÍVEL DE MATURIDADE	154
QUADRO 3-14 VARIÁVEIS BASE PARA OS PROJETOS SEIS SIGMA.....	155
QUADRO 3-15 MÉTODOS UTILIZADOS	156
QUADRO 3-16 TÉCNICAS PRATICADAS	157
QUADRO 3-17 BENEFÍCIOS E LIÇÕES APRENDIDAS	158
QUADRO 3-18 PRINCIPAIS FCS	159
QUADRO 3-19 RESTRIÇÕES NO USO DO SEIS SIGMA	160
QUADRO 4-1 ROTEIRO SUGERIDO PARA O LANÇAMENTO DA FILOSOFIA SEIS SIGMA.....	164
QUADRO 4-2 ROTEIRO SUGERIDO PARA A RECICLAGEM DA FILOSOFIA SEIS SIGMA	164
QUADRO 4-3 ROTEIRO SUGERIDO PARA OS PROJETOS ESPECÍFICOS DO SEIS SIGMA	164
QUADRO 5-1 CONTROLE DE PRODUTO E DE PROCESSO	202
QUADRO 5-2 EXEMPLOS DE CONVERSÃO DE VALOR EFETIVO X NÚMERO DE DESVIOS PADRÕES	216
QUADRO 5-3 EXEMPLOS DE CONVERSÃO DE NÚMERO DE DESVIOS PADRÕES X VALOR EFETIVO	216
QUADRO 5-4 – ANÁLISE SWOT.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

Excluído: 222

LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 2-1 PRODUTIVIDADE.....	29
FÓRMULA 2-2 VALOR PARA O CLIENTE	65
FÓRMULA 5-1 CÁLCULO DO ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO (ICP)	207
FÓRMULA 5-2 CÁLCULO DO CPK.....	208
FÓRMULA 5-3 ÍNDICE DE CAPACIDADE SEIS SIGMA (A LONGO PRAZO).....	209
FÓRMULA 5-4 ÍNDICES DE CAPACIDADE	209
FÓRMULA 5-5 QUANTIDADE DE DESVIOS PADRÕES A PARTIR DA MÉDIA	215
FÓRMULA 5-6 VALOR EFETIVO DA DISTRIBUIÇÃO.....	215

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E REDUÇÕES

Sigla	Descrição
5S	Programa de Qualidade: utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina
6σ	Seis Sigma
μ	Média da população
σ	Desvio padrão da população
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADU	<i>Application Delivery Units</i> (Unidades de entrega de aplicações, na unidade de análise 1)
AO	<i>actual output</i> (saída real - componente do cálculo da eficácia)
APQC	<i>American Productivity and Quality Center</i>
ASQ	<i>American Society for Quality</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
BB	<i>Black Belt</i>
BITS	<i>Balanced for IT Scorecard</i>
BOB	<i>Best of breed</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPR	<i>Business Process Reengineering</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CASE	<i>Computer Aided Software Engineering</i>
CBD	<i>Component Based Development</i>
CBEJI	Centro Brasileiro de Estudos Jurídicos da Internet
CCQ	Círculo de Controle da Qualidade
CEO	<i>Chief Executive Office</i>
CEP	Controle Estatístico do Processo
CFO	<i>Chief Finance Office</i>
CIO	<i>Chief Information Office</i>
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
COQA	<i>Control Office Quality Assurance</i>
COTS	<i>Commercial off-the-shelf</i> (software comercializável na forma como foi desenvolvido – “de prateleira”) (ver as variações: GOTS, MOTS e NOTS)
Cp	Índice de capacidade do processo
Cpk	Índice de capacidade do processo em relação a uma determinada meta
CQ	Características da qualidade
CQ	Controle da qualidade
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DFSS	<i>Design for Six Sigma</i>
DFLSS	<i>Design for Lean Six Sigma</i>
DMAIC	<i>Define-Measure-Analyze-Improve-Control</i>
DMADV	<i>Define-Measure-Analyze-Design-Verify</i>

Sigla	Descrição
DMEDI	<i>Define-Messure-Explore-Develop-Implement</i>
DOE	<i>Delineation of Experiments</i>
DPO	Defeitos por unidade
DPU	Defeitos por unidade
EO	<i>expected output</i> (saída esperada - componente do cálculo da eficácia)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESI	<i>European Software Institute</i>
EVOP	<i>Evolutionary Operation</i>
FAQ	<i>Frequently Asked Questions</i>
FCS	Fator(es) Crítico(s) de Sucesso
FEFO	<i>First to expire, first out</i>
FIFO	<i>First in, first out</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i>
FSF	<i>Free Software Foundation</i>
GB	<i>Green Belt</i>
GDM	<i>Global Delivery Model</i> (Modelo de entrega global de produtos - unidade de análise 1 do estudo de caso múltiplo)
GSMS	<i>Global Solution Management System</i> (Sistema de gerenciamento de soluções globais - unidade de análise 1 do estudo de caso múltiplo)
GE	<i>General Electric Co.</i>
GOTS	<i>Government off-the-shelf</i> (software para a área governamental)
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
http	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ICP	Índice de capacidade do processo
IDOV	<i>Identify-Develop-Optimize-Validate</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISSN	<i>International Standard Serial Number</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
LEFO	<i>Last to expire, first out</i>
LIC	Limite inferior de controle
LIE	Limite inferior de especificação
LIFO	<i>Last in, Last out</i>
LSC	Limite superior de controle
LSE	Limite superior de especificação
MAIC	<i>Measure-Analyze-Improve-Control</i>
MBI	Mayer & Bunge Informática
MOTS	<i>Military off-the-shelf</i> (software para fins militares)
MOTS	<i>Modified off-the-shelf</i> (software de prateleira modificável ou modificado)
5Ms	mão-de-obra (<i>man power</i>), material (<i>material</i>), método (<i>method</i>), máquina (<i>machine</i>) e mercado (<i>market</i>)

Sigla	Descrição
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organisation</i>
NBR	Norma Brasileira
NC3A	<i>NATO Consultation, Command, and Control</i>
NOTS	<i>NATO off-the-shelf</i> (software desenvolvido para a NC3A)
NOTS	<i>Niche off-the-shelf</i> (software desenvolvido para um determinado segmento de mercado ou propósito)
OPM3	<i>Organizational Project Management Maturity Model</i>
PD	% de unidades defeituosas
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PMBOK	<i>Project Management Book of Knowledge</i>
PMMM	<i>Project Management Maturity Model</i>
PNQ	Prêmio Nacional da Qualidade
PPM	partes por milhão
PSP	<i>Personal Software Process</i>
QAPPU	Qualidade, atendimento, preço, prazo e uniformidade
QCP	Qualidade, custo e programação
QMMG	<i>Quality Management Maturity Grid</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
QS	<i>Quality System</i>
RAC	<i>Resource expected to be consumed</i> (consumo esperado do recurso, componente do cálculo da eficiência)
REC	<i>Resource actually consumed</i> (recurso realmente consumido, componente do cálculo da eficiência)
ROI	<i>Return of Investment</i>
RQ	Requisitos da qualidade
R&R	Repetibilidade e Reprodutibilidade
RNC	Relatório de não-conformidade
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
SEI	<i>Software Engineering Institute</i>
SEPG	<i>Software Engineering Process Group</i>
SFMEA	<i>Service Failure Mode and Effect Analysis</i>
SIPOC	<i>Supply, Input, Process, Output and Customer</i>
SMART	<i>Strategic Measurements, Analysis and Reporting Technique</i>
SPC	<i>Statistic Process Control</i>
SWOT	<i>Strength, Weakness, Opportunities and Threats</i>
TCM	<i>Total Cost Management</i>
TI	Tecnologia da Informação
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
Trade off	Troca, contrapartida em relações de negócio
TRF	Troca rápida de ferramenta
TSP	<i>Team Software Process</i>
UA	Unidades de análise onde foi realizado o estudo de casos múltiplo

Sigla	Descrição
WWW	<i>World Wide Web</i>
WYSIWYG	<i>What you see is what you get</i>
WYSIWYM	<i>What you see is what you mean</i>
ZD	Zero defeito

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE FÓRMULAS	xii
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E REDUÇÕES	xiii

1. INTRODUÇÃO..... 1

1.1	QUESTÃO DE PESQUISA.....	4
1.2	JUSTIFICATIVAS.....	6
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	<i>Geral</i>	8
1.3.2	<i>Específicos</i>	8
1.4	CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA	9
1.5	O ASPECTO METODOLÓGICO DA DISSERTAÇÃO.....	9
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	12

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

2.1	INTRODUÇÃO	14
2.2	PROCESSOS PRODUTIVOS	16
2.2.1	<i>Evolução da produção de bens para produção de serviços</i>	19
2.2.2	<i>Lean Manufacture</i>	20
2.3	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E ALINHAMENTO ESTRATÉGICO	21
2.3.1	<i>Competitividade empresarial</i>	22
2.3.2	<i>Crítérios de desempenho</i>	25
2.4	GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL	31
2.5	SEIS SIGMA	35
2.5.1	<i>Origem</i>	36
2.5.2	<i>Definição</i>	39
2.5.3	<i>Conceitos fundamentais</i>	40
2.5.4	<i>Variabilidade dos processos</i>	43
2.5.5	<i>Medição da capacidade Sigma</i>	44
2.5.6	<i>A estrutura organizacional</i>	47
2.5.7	<i>Processos Seis Sigma</i>	48
2.5.8	<i>Métodos para a implementação de projetos Seis Sigma</i>	49
2.5.9	<i>Etapas de implementação de projetos Seis Sigma</i>	50
2.5.10	<i>Técnicas utilizadas na implantação do Seis Sigma</i>	52

2.5.11	<i>Benefícios</i>	54
2.5.12	<i>Restrições</i>	55
2.6	PROCESSOS DE SOFTWARE	56
2.6.1	<i>Sistema de produção</i>	61
2.6.2	<i>Características de Serviços</i>	63
2.7	PROBLEMAS NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	68
2.7.1	<i>Histórico</i>	68
2.7.2	<i>Conceituação</i>	69
2.7.3	<i>Fonte e características dos problemas</i>	72
2.8	O SEIS SIGMA NA MELHORIA DE PROCESSOS DE SOFTWARE	75
2.8.1	<i>A escolha pelo Seis Sigma</i>	75
2.8.2	<i>Oportunidades para projetos Seis Sigma</i>	77
2.8.3	<i>Restrições devidas às características do desenvolvimento de software</i>	79
2.8.4	<i>Restrições relacionadas com a maturidade empresarial</i>	80
2.8.5	<i>Caso de sucesso 1</i>	84
2.8.6	<i>Caso de sucesso 2</i>	87
3.	ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS	89
3.1	METODOLOGIA DE ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS	89
3.1.1	<i>Tipo de pesquisa</i>	90
3.1.2	<i>A escolha do método</i>	91
3.1.3	<i>Etapas de um estudo de caso</i>	92
3.1.4	<i>Tipo de estudo de caso</i>	95
3.1.5	<i>O protocolo do estudo de caso</i>	95
3.1.6	<i>Pontos de atenção na elaboração de estudo de casos</i>	96
3.1.7	<i>Critérios de qualidade para os dados obtidos</i>	96
3.2	APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS	98
3.2.1	<i>Protocolo do estudo de caso</i>	99
3.2.2	<i>O planejamento da pesquisa</i>	99
3.2.3	<i>O objetivo da pesquisa</i>	100
3.2.4	<i>A questão de pesquisa</i>	101
3.2.5	<i>As proposições do estudo</i>	102
3.2.6	<i>As variáveis de estudo e a lógica de ligação com as proposições</i>	103
3.2.7	<i>Os critérios para seleção das unidades de análise</i>	104
3.2.8	<i>A formalização do convite</i>	106
3.2.9	<i>O estabelecimento das regras da pesquisa na unidade de negócio</i>	106
3.2.10	<i>O questionário de pesquisa</i>	107
3.2.11	<i>O levantamento dos casos de estudo</i>	108
3.2.12	<i>A análise dos dados</i>	109
3.2.13	<i>A finalização da pesquisa</i>	109

3.3	ESTRUTURAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASOS REALIZADOS	109
3.3.1	<i>Realização dos levantamentos de dados</i>	110
3.3.2	<i>Levantamento Piloto</i>	111
3.3.3	<i>Perfis dos entrevistados</i>	112
3.4	UNIDADE DE ANÁLISE – UA1	112
3.4.1	<i>Caracterização da Unidade de Análise</i>	112
3.4.2	<i>Os processos de software</i>	114
3.4.3	<i>Os projetos Seis Sigma</i>	114
3.4.4	<i>Os processos Seis Sigma</i>	116
3.4.5	<i>Os resultados obtidos</i>	120
3.4.6	<i>As lições aprendidas</i>	121
3.4.7	<i>As limitações do Seis Sigma</i>	122
3.4.8	<i>Comentários gerais</i>	122
3.5	UNIDADE DE ANÁLISE – UA2	123
3.5.1	<i>Caracterização da Unidade de Análise</i>	123
3.5.2	<i>Os processos de software</i>	124
3.5.3	<i>Os projetos Seis Sigma</i>	124
3.5.4	<i>Os processos Seis Sigma</i>	126
3.5.5	<i>Os resultados obtidos</i>	129
3.5.6	<i>As lições aprendidas</i>	129
3.5.7	<i>As limitações do Seis Sigma</i>	129
3.5.8	<i>Comentários gerais</i>	130
3.6	UNIDADE DE ANÁLISE – UA3	130
3.6.1	<i>Caracterização da Unidade de Análise</i>	130
3.6.2	<i>Os processos de software</i>	131
3.6.3	<i>Os projetos Seis Sigma</i>	132
3.6.4	<i>Os processos Seis Sigma</i>	134
3.6.5	<i>Os resultados obtidos</i>	137
3.6.6	<i>As lições aprendidas</i>	137
3.6.7	<i>As limitações do Seis Sigma</i>	137
3.6.8	<i>Comentários gerais</i>	138
3.7	UNIDADE DE ANÁLISE - UA4	139
3.7.1	<i>Caracterização da Unidade de Análise</i>	139
3.7.2	<i>Os processos de software</i>	140
3.7.3	<i>Os projetos Seis Sigma</i>	140
3.7.4	<i>Os processos Seis Sigma</i>	142
3.7.5	<i>Os resultados obtidos</i>	143
3.7.6	<i>As lições aprendidas</i>	143
3.7.7	<i>As limitações do Seis Sigma</i>	143
3.7.8	<i>Comentários gerais</i>	144

3.8	UNIDADE DE ANÁLISE – UA5	144
3.8.1	<i>Caracterização da Unidade de Análise</i>	144
3.8.2	<i>Os processos de software</i>	144
3.8.3	<i>Os projetos Seis Sigma</i>	145
3.8.4	<i>Os processos Seis Sigma</i>	146
3.8.5	<i>Os resultados obtidos</i>	148
3.8.6	<i>As lições aprendidas</i>	149
3.8.7	<i>As limitações do Seis Sigma</i>	149
3.8.8	<i>Comentários gerais</i>	149
3.9	COMPARAÇÃO DOS CASOS ESTUDADOS	150
3.9.1	<i>Verificação das proposições</i>	150
3.9.2	<i>Características gerais</i>	153
3.9.3	<i>Variáveis</i>	154
3.9.4	<i>Métodos utilizados</i>	155
3.9.5	<i>Técnicas praticadas</i>	157
3.9.6	<i>Benefícios e lições aprendidas</i>	158
3.9.7	<i>FCS</i>	159
3.9.8	<i>Restrições no uso do Seis Sigma</i>	160
4.	ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA.....	162
4.1	ESTRUTURA DO ROTEIRO PROPOSTO.....	162
4.2	DETALHAMENTO DO ROTEIRO PROPOSTO	167
4.2.1	<i>Processos de lançamento da filosofia Seis Sigma</i>	167
4.2.2	<i>Processos do reciclagem da filosofia Seis Sigma</i>	168
4.2.3	<i>Processos de cada projeto Seis Sigma</i>	168
4.3	VARIÁVEIS BASE E MOTIVAÇÃO PARA OS PROJETOS SEIS SIGMA.....	169
5.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
5.1	CONCLUSÕES	172
5.2	CONTRIBUIÇÕES	174
5.3	LIMITAÇÕES	175
5.4	RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	176
	REFERÊNCIAS	178
	APÊNDICES	192
	APÊNDICE 1: EMAIL DE CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS.....	192
	APÊNDICE 2: CARTA DE APRESENTAÇÃO DO PESQUISADOR	194
	APÊNDICE 3: QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	196
	ANEXOS.....	201

ANEXO 1 – TIPOS DE DADOS	201
ANEXO 2 – CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO	202
ANEXO 3 – CÁLCULO DA CAPACIDADE PARA DADOS CONTÍNUOS	207
ANEXO 4 – CÁLCULO DA CAPACIDADE PARA DADOS DISCRETOS	210
ANEXO 5 – DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	212
ANEXO 6 – DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE PROBABILIDADE	213
ANEXO 7 – DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRONIZADA	215
ANEXO 8 – USO DA TABELA NORMAL PADRONIZADA	217
ANEXO 9 – QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)	218
ANEXO 10 – ANÁLISE SWOT	222
ANEXO 11 – ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO	223
ANEXO 12 – <i>FMEA</i>	226
ANEXO 13 – DIAGRAMA DE PARETO	230
ANEXO 14 – DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO	231

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, segundo Pfleeger (2004), a quantidade de empresas desenvolvedoras de *software* tem aumentado consideravelmente, graças ao aumento da demanda por este tipo de produto em termos empresariais e pessoais.

De acordo com estudos realizados pela American University (Washington, DC), o mercado mundial de *software* pode ser organizado em patamares, levando em conta a maturidade da indústria, a quantidade de empresas envolvidas e o valor de suas exportações (CARMEL, 2003). Em um primeiro patamar, estão as principais potências econômicas do mundo, acompanhadas pela Índia, Israel e Irlanda, cujos negócios individuais giram na casa dos US\$ 2 bilhões. Num segundo patamar, com negócios orçados em US\$ 250 milhões, encontram-se a Rússia e a China. O Brasil, por sua vez, só aparece no terceiro patamar, ao lado de Costa Rica, México, Filipinas, Paquistão e Ucrânia, com negócios na casa de US\$ 25 milhões. Segundo Carmel (2003), dentre os países que estão no terceiro patamar, o Brasil é o que melhor oferece condições de crescimento e possibilidades reais de subir para o segundo patamar, pelo fato de registrar empresas com atuação nessa área há mais de duas décadas. Além de atender o mercado local, as empresas também têm se voltado para o mercado internacional, o que as leva a se preocupar cada vez mais com assuntos relacionados com a maturidade dos processos de desenvolvimento, registra Carmel (2004).

Uma pesquisa realizada em 2004 pela Mayer & Bunge Informática (MBI) e Centro Brasileiro de Estudos Jurídicos da Internet (CBEJI) verificando a quantidade de fornecedores de *software*, constatou que, dentre 5000 empresas desenvolvedoras na América Latina, 2800 eram brasileiras. Mayer (2004) percebeu também que neste número não estavam incluídas as empresas que desenvolvem *software* para uso próprio ou para distribuição, embarcado dentro de outros produtos.

Laurindo (2002a) afirma que a Tecnologia da Informação (TI) evoluiu de uma posição de simples apoio administrativo para um papel estratégico nas organizações, sendo o *software* o elemento de vanguarda.

Kautz (1999) entende que a produção de *software* vem passando por diversas reformulações tecnológicas e metodológicas, ao mesmo tempo em que tem que superar antigos problemas, como baixa qualidade, altos custos de desenvolvimento, demora na entrega e baixa satisfação dos clientes. Huang *et al.* (1999), por sua vez, acreditam que a mudança de paradigma foi fortemente influenciada pela mudança de tratamento da informação, isto é, a partir do momento em que ela começou a ser tratada como um produto gerado pela organização e como um dos insumos básicos da sobrevivência empresarial. Isso reforça a observação de Paulish e Carleton (1994), de que a medição da qualidade e as melhorias nos processos de desenvolvimento vêm se tornando uma das principais metas para muitas organizações de *software*.

Para Slack *et al.* (1999), existe um forte incremento das expectativas pela qualidade nas empresas, de sorte que ela se tornou um fator “básico e qualificador”, em vez de um fator “ganhador de pedido”. Além disso, existe a necessidade de se reformular continuamente as estratégias para sustentar a posição no mercado, de forma que os clientes percebam diferenciais nos produtos e serviços em termos de preço, entrega, desempenho e qualidade.

Carmel (2003) identifica ainda outros elementos estratégicos para a sobrevivência das empresas no mercado de desenvolvimento de *software*, dentre os quais destaca: geração de necessidades junto aos clientes; capital humano (capacitado, disponível e com qualidade de vida); troca de experiências entre indivíduos, grupos e organizações; maturidade nos processos; e infra-estrutura tecnológica .

A competência exigida dos desenvolvedores de *software* se manifesta no domínio da tecnologia, no controle dos processos operacionais, na gestão tática e na gestão dos negócios,

o que requer a demonstração de controle sobre seus processos operacionais, tanto os internos, quanto os atinentes às relações externas. Para Rabechini Junior (2003), as empresas devem exercitar-se na disciplina do controle para ganhar rapidamente elevados padrões de maturidade. Segundo a análise de Laurindo (2002b), o foco das melhorias deve se voltar tanto para os aspectos de eficiência operacional, traduzida na melhoria da produtividade dos recursos empregados e na produção de *software* com mais qualidade, como também para a eficácia dos negócios.

No sentido de enfatizar os diferenciais competitivos das organizações, diversos modelos estratégicos têm-se popularizado, sendo que cada qual enfatiza aspectos importantes do negócio, quer em relação às operações internas da empresa, quer em relação ao seu relacionamento com o mercado consumidor e a cadeia de suprimentos. Em geral, os modelos estratégicos e de maturidade e capacidade são extremamente prescritivos, no sentido de elencar uma série de regras para a melhoria dos processos, dando margem a interpretações que nem sempre concorrem efetivamente para esta melhoria. Por outro lado, intuição e experiência são muito úteis no diagnóstico de um problema, na identificação de falhas, como as relativas à geração de idéias para a melhoria, mas não para uma efetiva erradicação dessas falhas, observa Garvin (1992).

Murugappan e Keeni (2003) acreditam que essas considerações abrem a oportunidade para a adoção de uma metodologia mais específica e determinística, que é exatamente o foco do Seis Sigma (6σ).

Segundo Marash (2000), o Seis Sigma aperfeiçoa continuamente os processos de produção, não perdendo de vista a dimensão estratégica dos negócios. Laurindo (2002b) reforça esta concepção, afirmando que os princípios da metodologia Seis Sigma facilitam endereçar as ações de melhoria daqueles processos no sentido das expectativas dos clientes internos e externos da organização, uma vez que permitem precisar a capacidade de um determinado

processo em termos de prazo, esforço e qualidade.

Para Rotondaro (2002a), o sucesso do Seis Sigma frente a outras estratégias de negócio se deve ao fato de que ele efetivamente proporciona resultados muito mais significativos ao relacionar os esforços de melhoria com os aspectos de ganhos efetivos.

As organizações de sucesso entendem a variabilidade do processo e passam a controlá-la como forma de redução de falhas e aumento da confiabilidade e isso é muito mais efetivo do que simplesmente eliminar os defeitos (Rotondaro, 2002a, p. 14).

Aplicado originalmente na indústria, o Seis Sigma tem se popularizado no setor de serviços, intensivos de trabalho intelectual. Todo trabalho é um processo, todo processo tem variabilidade e todos os processos dispõem de dados que explicam a sua variabilidade, entende Smith (2003). De acordo com este raciocínio, pode-se admitir que o desenvolvimento de *software* também é um processo empresarial que pode usufruir os benefícios do uso do Seis Sigma.

1.1 Questão de pesquisa

De acordo com Mari (1997, *apud* Rotondaro, 2002a), as técnicas e as ferramentas recomendadas pela metodologia Seis Sigma são as mesmas recomendadas por outros métodos que tratam da qualidade. Contudo, a sua estrutura permite potencializar os resultados obtidos, uma vez que transforma os dados obtidos nos processos em variáveis de problemas estatísticos, bem como transforma os resultados estatísticos em dados para os processos.

É possível admitir que uma organização possa implementar a metodologia Seis Sigma de forma integral ou, então, aplicar apenas alguns de seus princípios através de outras técnicas e ferramentas, usufruindo também os benefícios proporcionados.

Face ao apresentado, surgem algumas indagações iniciais quanto à adoção do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*, relativas ao tipo de organização, ao tipo de processo de desenvolvimento, à forma de adoção dos princípios do Seis Sigma, à forma dos métodos de

implementação, às melhorias efetivas proporcionais e aos cuidados que se deve ter ao utilizar o Seis Sigma.

A revisão bibliográfica feita preliminarmente, com o intuito de buscar respostas aos questionamentos apresentados, levou a uma percepção de que ainda existe uma carência na literatura que aborda a metodologia Seis Sigma para os processos de *software*, tornando-se, desta forma, o ponto de partida e a oportunidade de contribuição para este estudo acadêmico.

A principal questão de pesquisa colocada pela presente dissertação é “*Como a metodologia Seis Sigma contribui para a melhoria dos processos de desenvolvimento nas organizações desenvolvedoras de software?*”

Tendo-se definida a questão de pesquisa perante às indagações iniciais, foram feitas as seguintes delimitações, recortes realidade:

- em relação à metodologia Seis Sigma, o trabalho acadêmico procurou ser o mais abrangente possível, isto é, contempla todos os princípios, métodos, técnicas e práticas que são conhecidos e utilizados que possam contribuir efetivamente para a melhoria dos processos de desenvolvimento;
- quanto aos processos de desenvolvimento de *software*, foi adotada a taxonomia definida pela norma NBR ISO/IEC 12.207:1998, não obstante outras classificações existentes, por mais privilegiadas que possam ser;
- quanto ao tipo de organização, foi escolhido aquele no qual o desenvolvimento de *software* faz parte do negócio (*core business*), o que justifica a aplicação dos princípios do Seis Sigma.

Além disso, para uma categorização melhor da questão de pesquisa, torna-se necessário um desdobramento capaz de responder a cada uma das seguintes indagações:

- como os princípios da metodologia Seis Sigma adentram as organizações?
- como as características de contorno (ambiente, negócios, cultura, conhecimento) influem na implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software*?

- como as características dos processos de *software* influem nos processos de melhoria?
- como os elementos participantes do desenvolvimento atuam na melhoria dos processos de *software*?
- como tratar as restrições da metodologia Seis Sigma?
- como potencializar os ganhos com a aplicação do Seis Sigma?

1.2 Justificativas

Uma série de premissas que se colocam para o desenvolvimento de *software* levaram à determinação do tema de pesquisa para a presente dissertação de mestrado.

Em primeiro lugar, há de se reconhecer a importância do *software* como um elemento-chave em muitas das atividades empresariais e pessoais, o que determina um franco crescimento tanto da oferta como da demanda, avalia Pfleeger (2004). As oportunidades de negócios são inúmeras e atrativas e podem abrir a possibilidade, num primeiro momento, para produtos com menor qualidade. No entanto, o acirramento da concorrência manifesta-se na mesma proporção das oportunidades; os produtos de *software* concorrem em um mercado mundial aberto, onde mesmo não havendo muitas barreiras, restrições formais ou legais, devem apresentar um nível de qualidade superior. Atualmente, a tecnologia é facilmente acessível, a capacidade criativa de prover soluções computacionais é quase ilimitada, os produtos são bastante similares (*commodities*), os preços estão relativamente padronizados e o tempo necessário de disponibilização (*time-to-market*) é muito curto.

As diferenças competitivas que encantam e convencem o cliente são aquelas que correspondem as suas expectativas de obter uma solução eficaz e duradoura e, ao mesmo tempo, descartável e substituível com facilidade, reconhecem Rocha *et al.* (2001).

Outro fator motivador para esta pesquisa é que a organização do processo produtivo de *software* pode ser feita segundo um modelo fabril, conforme afirmam Basili *et al.* (1992).

A produção de *software* ocorre segundo o modelo de produção “puxada”. O usuário é quem determina suas necessidades, através de um conjunto de requisitos; o escopo do trabalho a ser desenvolvido; e o prazo para o qual necessita do *software*. A produção pode ser feita por encomenda (*software* específico) ou para uso geral (*software commercial off-the-shelf* – COTS, também conhecido como *software* de “prateleira”).

Entretanto, duas coisas podem ocorrer: o usuário nem sempre consegue expressar o conjunto total de requisitos e o desenvolvedor nem sempre consegue formular uma solução de imediato. Por isso, há a necessidade de uma quantidade considerável de interação intelectual entre usuário e desenvolvedor e uma boa dose de criatividade por parte deste último, conclui Pressman (2005).

Mesmo com essas restrições, pondera Siy *et al.* (2001), os processos de desenvolvimento de *software* são bastante estáveis, rotineiros e previsíveis, o que permite a sua padronização. Por esta razão, é possível entender que a produção de *software* pode ser feita segundo os paradigmas de uma produção industrial, o que, por sua vez, reforça a importância dos conceitos de eficiência e produtividade dos recursos nesta atividade.

Outro motivador para a escolha do tema foi o destaque dado aos modelos de maturidade e de capacidade. Os desenvolvedores devem ter processos de desenvolvimento estáveis e capazes de suportar a volatilidade das soluções. Para atingir esse patamar, Chrissis *et al.* (2003) afirmam que as organizações devem desenvolver e manter a competência adequada – com mais eficiência e eficácia (*capability*) – e que o exercício contínuo de melhoria faz com que a organização atinja o mais alto patamar de maturidade (*maturity*), de acordo com suas possibilidades (forças e fraquezas) e objetivos empresariais.

Segundo Rabechini Junior (2003), maturidade é um objetivo móvel, visto que seus principais elementos (tecnologia, metodologia e gestão) mudam continuamente em função do mercado, dos negócios e das pessoas. O importante não é a maturidade em si, afirmam Fleury e Fleury

(2000). Como observam esses autores, maturidade é apenas um estado ou um ponto dinâmico. O fundamental, constata-se, é a competência em identificar e buscar o nível necessário e suficiente, através da obtenção de conhecimento (saber o que), do desenvolvimento das habilidades (saber como) e a atitude de alinhamento com os objetivos do negócio (saber o porquê).

Por fim, um fator de ordem pessoal, que foi decisivo para a escolha do tema, foi a realização de uma pesquisa para a Motorola do Brasil, em 2004, com o intuito de identificar na literatura, conceitos e práticas quanto à melhoria da produtividade do esforço aplicado ao desenvolvimento de *software*. O contato com profissionais desta empresa, pioneira na utilização do Seis Sigma, despertou o interesse sobre a aplicação desta metodologia aos processos de desenvolvimento de *software*.

1.3 Objetivos

Os objetivos da pesquisa podem ser agrupados em duas categorias: geral e específicos, conforme descrito a seguir.

1.3.1 Geral

O objetivo geral desta dissertação é propor um roteiro específico para a implementação do Seis Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software*. Este roteiro foi denominado de SW-DMAIC, uma alusão ao método mais utilizado nos projetos Seis Sigma, detalhado mais adiante.

1.3.2 Específicos

Os objetivos específicos para atingir o objetivo geral são:

- identificar os princípios, os benefícios e as restrições da metodologia Seis Sigma;
- identificar as variáveis de contorno das organizações desenvolvedoras de *software* para as quais o estudo se reporta;

- planejar, estruturar, realizar e analisar um estudo de casos múltiplos em organizações que utilizam o Seis Sigma para os seus processos de desenvolvimento de *software*;
- identificar os pontos de convergência e divergência entre a literatura e os casos práticos.

1.4 Contribuição da pesquisa

Este trabalho pretende contribuir com o avanço das pesquisas relacionadas com a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*, através dos princípios do Seis Sigma.

Como referência teórica, os resultados do estudo realizado podem servir de base para novos estudos relacionados com a melhoria do desenvolvimento de *software*. Como referência prática, este trabalho poderá ser utilizado como um guia para a implementação dos conceitos e para a implementação da metodologia Seis Sigma nesta atividade.

A contribuição proporcionada por este estudo se manifesta na estruturação de um roteiro dos processos Seis Sigma, considerando a implementação da filosofia na organização, a reciclagem periódica dos benefícios e limitações e os projetos específicos de melhoria ou de redução da variabilidade dos processos de desenvolvimento de *software*.

1.5 O aspecto metodológico da dissertação

Avaliar a contribuição de uma metodologia de pesquisa requer um questionamento a respeito da sua importância ao estudo de um determinado objeto, analisa Thiollent (2004), Para o autor, isto significa avaliar as suas características, capacidades, limitações ou distorções face aos pressupostos e às implicações. Por esta razão, tece-se alguns comentários iniciais a respeito dos aspectos metodológicos adotados na dissertação, para que se possa compreender não somente os resultados da investigação científica, mas também o próprio processo de investigação.

Marconi e Lakatos (2000) sintetizam os passos necessários, que devem estar presentes nas investigações científicas, que são os seguintes:

- descobrimento do problema, que corresponde em identificar a lacuna de conhecimento ou a oportunidade de melhoria de forma clara e precisa;
- procura de conhecimentos ou instrumentos importantes, no sentido de buscar mais informação ou identificar respostas e meios para solucionar o problema;
- investigação de como o problema está sendo tratado ou solucionado por outras pessoas;
- esboço de solução para o problema, de forma plausível e viável;
- implementação, teste e conclusões sobre a solução proposta.

Demo (1999) acrescenta que, qualquer pesquisa precisa fornecer elementos para tratar dois itens fundamentais, que são, de um lado, o reconhecimento dos conhecimentos e paradigmas existentes e, do outro, o ponto de ruptura da ciência que oferece a oportunidade para a busca dos novos conhecimentos. Para atender ao primeiro item, o pesquisador deve buscar o conhecimento existente sobre o assunto, através ou de uma pesquisa bibliográfica ou teórica sobre o assunto, o que lhe dá a oportunidade de conhecer o trabalho de outros pesquisadores sobre o assunto. Para o segundo item, o autor recomenda a pesquisa por observação direta do fenômeno, também chamada de pesquisa de campo ou pesquisa prática. Esta, por sua vez, está preocupada com a aplicação real de um determinado conhecimento e a verificação da sua adequação, generalização ou restrição a determinados cenários. Utiliza, para suas conclusões, os resultados das opiniões dos personagens que convivem com a situação-problema. A grande valia deste tipo de pesquisa está na possibilidade de se tornar ponto de partida para novos estudos e até, por esta razão, oferece maiores oportunidades de críticas e interpretações. O significado dos dados práticos só pode ser alcançado sob a luz de um referencial teórico sobre o assunto.

Assim, cabe explicitar o sentido em que está sendo utilizado o conceito de “utilidade prática”, essencial para a discussão daquele significado. Stokes (2005) entende ‘utilidade prática’ (em um sentido amplo) como sendo imanente ao conhecimento e, por esta razão, afirma que o conhecimento e prática devem ser utilizados em conjunto em um certo grau de mistura e composição, dependendo dos propósitos do estudo ou do campo da ciência no qual o estudo se enquadra.

O presente estudo se enquadra no contexto das ciências exatas e humanas. Por esta razão, grande parte do referencial teórico é aderente à Teoria Geral da Organização Humana e à Teoria do Gerenciamento. Segundo Muller (1958), a Teoria Geral da Organização classifica as atividades organizacionais em 14 sistemas, a saber: parentesco, sanitário / ecológico, manutenção, lealdade, lúdico, viário, pedagógico, produção, patrimonial, religioso, militar, político, jurídico e precedência. Para O’Donnel e Nolan (2000), a Teoria do Gerenciamento objetiva dar os elementos de direção para as atividades humanas, constituindo-se numa teoria e ciência eclética.

A metodologia do presente estudo utiliza elementos da pesquisa bibliográfica, obtida através do levantamento da literatura sobre o assunto, como também se vale da pesquisa prática, através do estudo de casos múltiplos, para analisar as possíveis contribuições do Seis Sigma na melhoria dos processos de *software*, integrando os elementos de ambas as pesquisas, de acordo com esboço da Figura 1-1.

Figura 1-1 Integração: referencial teórico x estudo de casos múltiplos

(fonte: o autor)

Quanto ao confronto entre o referencial teórico e o estudo de casos múltiplos, sua finalidade é identificar as divergências e lacunas na literatura especializada no assunto. A partir dos referenciais teóricos, do estudo de casos e das divergências ou lacunas busca-se a compreensão da contribuição do Seis Sigma para a melhoria de processos de *software*.

1.6 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada de forma a apresentar o problema de pesquisa, a fundamentação teórica do trabalho, os estudos de casos múltiplos realizados no decorrer da pesquisa, a sugestão de um roteiro para implementação da metodologia Seis Sigma e as conclusões gerais alcançadas:

- o primeiro capítulo apresenta o problema de pesquisa, as justificativas, os aspectos metodológicos adotados, os objetivos propostos e as contribuições da dissertação de mestrado;
- no segundo capítulo é formulada a conceituação teórica que sustenta o trabalho, envolvendo os conceitos relativos aos processos produtivos e sua evolução, a questão da competitividade e do alinhamento estratégico dos processos de trabalho, os critérios de desempenho, as premissas da gestão da qualidade, a metodologia Seis Sigma, as

características dos processos de *software* e os problemas relacionados com o desenvolvimento. Ainda neste capítulo, é discutida a aplicação do Seis Sigma na melhoria dos processos de *software*, as restrições e alguns casos de sucesso constantes na literatura;

- o capítulo seguinte apresenta a metodologia de pesquisa adotada, que foi o *estudo de casos múltiplos*. Para tanto, apresenta a fundamentação teórica desta modalidade metodológica e detalha o protocolo completo do estudo de casos múltiplos, adaptado para esta dissertação. A seguir, são descritos cada um dos estudos de caso realizados, apresentando a caracterização da unidade de análise, os processos de *software*, os projetos Seis Sigma executados, os processos Seis Sigma empregados, os resultados obtidos, as lições aprendidas, bem como sua avaliação e as restrições observadas. O capítulo é encerrado com uma análise comparativa dos estudos de caso entre si e em relação à fundamentação teórica;
- o capítulo quatro se dedica ao detalhamento do roteiro proposto, que foi denominado de SW-DMAIC, para a implementação do Seis Sigma para a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*;
- o quinto capítulo finaliza a discussão do tema, apresentando as conclusões finais do trabalho, bem como sugestões para novas pesquisas.

Encerrando a obra, são apresentados os materiais de suporte, como as referências, os apêndices e anexos julgados oportunos para documentar e enriquecer o trabalho e facilitar o entendimento de alguns pontos não aprofundados na dissertação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma vez que o ponto central desta dissertação é investigar como a metodologia Seis Sigma pode contribuir para a melhoria dos processos de *software*, o referencial teórico compulsado tem por objetivo analisar diversos conceitos e formular um encadeamento lógico que explique o relacionamento entre a metodologia Seis Sigma e os processos de desenvolvimento de *software*.

2.1 Introdução

O levantamento teórico se inicia com o estudo dos processos produtivos: do relacionamento existente entre a produção de bens e a produção de serviços; e da própria evolução dos conceitos de produção. A importância desta discussão se deve ao fato de que o Seis Sigma se originou em processos produtivos industriais e está ganhando popularidade nas atividades de prestação de serviços. Pretende-se, com este referencial, fundamentar a proposição de que o desenvolvimento de *software*, que é uma atividade com características fabris e de prestação de serviço e, por isso, pode aproveitar as inovações já empregadas na manufatura e na prestação de serviço.

O próximo referencial se volta para a questão da competitividade empresarial, do alinhamento dos processos operacionais com a estratégia empresarial e dos critérios de desempenho. O motivo de trazer à tona este referencial está relacionado com os fundamentos do Seis Sigma, que obrigatoriamente justifica esforços de melhoria com os objetivos de negócio e faz com que a organização se estruture de maneira a controlar a melhoria instituída em seus processos. Complementando esta questão, discute-se os critérios de desempenho, uma vez que se deseja caracterizar a melhoria de processos de *software*.

Dando prosseguimento, é abordada a metodologia Seis Sigma, isto é, seus princípios, a variabilidade e a capacidade dos processos, a estrutura organizacional recomendada, os

aspectos metodológicos para a implementação dos conceitos e para a implementação dos projetos Seis Sigma e os principais benefícios e restrições.

A seguir são abordados os processos de *software* de acordo com os padrões internacionais indicados na norma NBR ISO/IEC 12207-2:1998 – “Processos do ciclo de vida de *software*”. A decisão de escolher esta única fonte de referência para um importante componente teórico está relacionada com o fato de que esta norma é fruto da convergência das melhores práticas adotadas pela Engenharia de *Software* e, portanto, para a finalidade desta dissertação, ela as representa de forma necessária e suficiente. São discutidas também as características da produção de *software* de acordo com os sistemas de manufatura e de prestação de serviços, os aspectos de competitividade específicos e os tipos de problemas que normalmente ocorrem. Com isso, fundamenta-se a importância da aplicação da metodologia Seis Sigma, por meio de uma avaliação de casos de sucesso presentes na literatura, ao mesmo tempo em que se apontam os principais fatores restritivos dessa aplicação.

A pesquisa teórica, segundo Marconi e Lakatos (2000), tem por objetivo manter a coerência epistemológica, ou seja, estar de acordo com a massa de conhecimento aceito como válido para o objeto de estudo.

Além disso, a teoria adotada deve:

- permitir a explanação sobre os exemplos e os problemas propostos;
- considerar os limites naturais presentes em qualquer teoria;
- aduzir os fundamentos para acreditar que o fenômeno a ser explicado aconteceu de fato da forma prevista;
- manter a coerência interna entre os elementos constituintes;
- apresentar a profundidade necessária para cada um dos tópicos de análise.

As autoras afirmam ainda que a profundidade da pesquisa depende da dimensão do problema a ser estudado, da difusão na literatura e da complexidade da situação-problema estudada.

O levantamento bibliográfico é a técnica mais usual para a pesquisa teórica, enquanto a entrevista é a técnica mais usual nas pesquisas de campo (DEMO, 1999). No levantamento bibliográfico é dado foco para as publicações a respeito, os documentos e demais manuscritos existentes, contendo tanto dados primários (fonte original) como dados secundários (referenciados por outrem). Dentre as diversas finalidades do levantamento bibliográfico, uma que se apresenta como especialmente relevante para o pesquisador é a de permitir-lhe conhecer melhor as fontes que lhe servem de referência para a realização do trabalho. Severino (2004), que aponta essa finalidade, observa também a utilidade do mencionado levantamento como um guia para eventual retomada e aprofundamento do tema ou revisão do trabalho.

Gil (1994) fez notar que a pesquisa teórica não resgata a verdade absoluta sobre um determinado assunto. Como ele afirma, tal pesquisa se constitui tão somente um caminho a ser seguido em direção ao objetivo a ser atingido, ou seja, resolver o problema ou levantar dados e hipóteses para novos estudos.

Uma vez definido o tema e o roteiro de execução do trabalho, a pesquisa teórica deve ser utilizada para selecionar e interpretar o material necessário para a análise, síntese e conclusão sobre a situação-problema.

A pesquisa teórica deve ser abrangente (cobrir a maior parte possível do conhecimento sobre o assunto), consistente (apresentar início, meio e conclusões), lógica (intrinsecamente coerente), racional (explicada convenientemente) e sistematizada (organizada de forma coerente) para que possa explicar corretamente o problema que está sendo estudado.

2.2 Processos Produtivos

Slack *et al.* (1999) entendem por *processo*, qualquer seqüência de atividades organizadas que deve ser expressa por um *verbo* (ação ou transformação) e que transforma as *entradas*

(matéria-prima, informação, trabalho e implementos, entre outros, necessários para realizar a atividade) provenientes de determinados fornecedores (quem ou o que fornece o insumo para o processo) em *saídas* (coisas que resultam das transformações efetuadas) para *clientes específicos* (quem recebe o produto ou o serviço realizado). Em outras palavras, *processos* são atividades que transformam *entradas* em *saídas* acrescidas de valor agregado gerado pela unidade de trabalho.

Os autores afirmam que em todas as organizações a função *produção* é a mais importante e central pois ela representa a razão de existência ou a missão da organização. Por este motivo, as atividades que compõem o processo produtivo são chamadas de “atividades-fim”. Para elas convergem todos os demais processos empresariais cujas atividades são chamadas de “atividades-meio”.

Segundo Porter (1986), para um cliente qualquer, um fornecedor é um conjunto de processos interligados que têm como finalidade produzir o bem ou o serviço de que ele necessita, não importando qual é a sua organização interna, quais são as suas funções, as suas relações de autoridade e poder, a sua burocracia e todos os demais componentes que formam, estruturam e organizam uma empresa. A qualidade de longo prazo percebida pelo cliente transcende ao produto, ao serviço que recebe e à estrutura do fornecedor; ela transparece na confiabilidade que ele deposita na empresa fornecedora como um todo. Por esta razão, a empresa que gerencia e avalia seus processos-chave de negócio segundo a visão de seus clientes, envolvendo todos os integrantes da organização, tende a gerar um produto que atende melhor às necessidades do cliente.

Pyzdek (2003a) sugere um modelo de produção, identificando cinco componentes: fornecedores, entradas, processamento, saída e clientes (*Suppliers, Input, Process, Output and Customers* – SIPOC), conforme mostra a Figura 2-1.

Figura 2-1 Modelo SIPOC

(fonte: adaptado de PYZDEK, 2003a)

Na visão de Sink e Tuttle (1989), todo sistema produtivo é composto por três fluxos, o superior (*upstream*), o processo (*middlestream*) e o inferior (*downstream*). Esta visão é importante, uma vez que permite entender separadamente cada um dos componentes de cada um dos fluxos.

A maioria dos autores entende a dificuldade de se formalizar uma definição válida tanto para a produção de bens como para a produção de serviço. Embora o modelo conceitual seja semelhante, os processos se diferenciam pela estrutura do processo de transformação, pelo tipo de recurso que utilizam e pelo que produzem.

Quanto à estrutura do processo produtivo, Hill (1993) classifica os processos de produção em cinco categorias: projetos, um-a-um, batelada, linha e processo contínuo. De acordo com o objetivo desta dissertação, o tipo que mais se aproxima do desenvolvimento de *software* é a produção um-a-um (*jobbing - one-off*), segundo o qual a elaboração de um produto depende de requisitos do cliente (*one-off*). É responsabilidade de uma pessoa ou grupo o modo de como produzi-lo melhor, mas muitas vezes é impossível garantir que o produto final seja exatamente como foi encomendado.

Quanto ao tipo de saída, bem ou serviço, Slack *et al.* (1999) sugerem a análise da intensidade de algumas características, como tangibilidade, estocagem, tempo entre produção e consumo,

contato com o fornecedor, transporte e percepção da qualidade pelo cliente, conforme ilustrado na Figura 2-2.

Figura 2-2 Produção: características e modelos empresariais

(fonte: SLACK *et al.*, 1999)

Segundo esta classificação, percebe-se que o desenvolvimento de *software*, ao mesmo tempo, produz um produto (*software*) e presta serviços (atendimento de necessidades sistêmicas, treinamento, adaptação etc).

2.2.1 Evolução da produção de bens para produção de serviços

Desde o princípio da Administração Científica, no início do século XX, tem-se discutido a identidade da produção de bens e serviços, o que leva a inferir que toda melhoria ou evolução no sistema de produção de bens tem sido aproveitada na produção de serviços e vice-versa.

Bowen e Youngdahl (1998) entendem que houve, a partir do início do século XX, três grandes inovações nos sistemas produtivos: produção em massa, produção enxuta e customização em massa. Assinalam, também que, a produção de bens foi a que sempre iniciou cada um dos ciclos de transformação, o que determinou cada novo ciclo foi a sua absorção por parte da produção de serviços.

Na sequência de suas ponderações, observam que a massificação acarretou para os serviços:

- aumento de preocupação com custos, prazos, qualidade e padronização;
- melhoria de desempenho, graças à substituição do trabalho manual por mecanização, automatização, qualificação / especialização dos trabalhadores e a conseqüente divisão do trabalho e limitação das atividades e responsabilidades das pessoas;
- valorização do atendimento pessoal e flexibilização para os objetivos do negócio.

A massificação dos serviços favoreceu o novo paradigma da produção de bens, a produção enxuta, que depois foi absorvida novamente pela produção de serviços. As principais características são: o foco no cliente, orientação pela cadeia de valor, otimização no uso dos recursos e autonomia da mão-de-obra.

A terceira onda de evolução se refere à customização em massa, não mais se distinguindo bem e serviço, pois o que o cliente recebe é um pacote de valor. Para o cliente tornam-se importantes: a flexibilidade e a capacidade de resposta às mudanças nos requisitos, a valorização do conhecimento e a integração com a cadeia de valor (*networked organization*).

2.2.2 *Lean Manufacture*

Este modelo foi concebido por Taiichi Ohno para a Toyota Motor Co. com o propósito de que as suas fábricas se tornassem capazes de operar *just in time*, ou seja, de fabricar e entregar somente os produtos necessários, na quantidade exata e no momento exato. O sistema levou mais de três décadas para ser implementado e, atualmente, se expandiu para além das fronteiras da indústria automobilística.

De acordo com Allway e Corbett (2002), a abordagem *lean* da produção significa eliminar dos processos de trabalho as atividades sem valor, aplicando um conjunto robusto de ferramentas de mudança de desempenho, enfatizando a excelência nas operações de serviço de entrega para os clientes finais e diminuindo a contrapartida (*trade-off*) entre trabalho e satisfação do cliente. Card (2002), por seu lado, conclui que a *Lean Manufacture* constitui um

sistema completo e um conjunto de princípios para tornar os processos mais eficazes e eficientes.

Alguns princípios da produção “enxuta” são os seguintes:

- *kaizen*: (fusão dos termos *kai* – mudanças e *zen* – melhor) significa a busca de pequenas melhorias de forma contínua, visto que os padrões tecnológicos e a concorrência também evoluem pouco a pouco de forma contínua. Honda e Viveiro (1993) constataam que as pequenas melhorias podem ser alcançadas com soluções simples de baixo custo e de fácil implantação, evitando-se com isso, a ruptura e a perda de produtividade naturais em grandes mudanças;
- produção puxada e flexibilizada de acordo com a demanda (*just-in-time*), previsível pela redução da variabilidade dos processos e nivelada (balanceamento entre a carga de trabalho e os recursos necessários);
- aproveitamento adequado do potencial humano: capacitação constante da força de trabalho, através da variação do conteúdo da tarefa, desenvolvimento de competências para assumir responsabilidade de maior nível (*empowerment*), estabelecimento do autocontrole, promoção do trabalho em grupo e participação na resolução de problemas e em processos de mudança.

2.3 Critérios de desempenho e alinhamento estratégico

O atendimento às necessidades dos clientes pode ser feito de forma incremental, isto é, com base em suas reclamações ou sugestões ou, ainda, através de inovações. Toda inovação é um processo de criação de algo que tem valor significativo para as pessoas, para as empresas ou para uma sociedade. Ela pode ser aplicada na definição da estratégia da empresa, na formulação do marketing, na mudança do processo produtivo, na modificação das características dos produtos atuais e na criação de novos produtos. Em todos os casos, buscase o aumento do valor do produto da empresa junto aos seus clientes. Caso a empresa não atente para a demanda de seus clientes, a concorrência, certamente o fará.

2.3.1 Competitividade empresarial

Para Zairi (1997), a competitividade bem sucedida é aquela que sabe determinar racionalmente a capacidade de competir, por meio da verificação dos pontos fortes e fracos da organização, juntamente com um esforço constante em satisfazer as necessidades dos clientes.

As forças externas à organização são significativas, afetam igualmente todas as empresas de uma determinada indústria e são explicadas por Porter (1986) através do modelo das cinco forças competitivas, conforme indicado na Figura 2-3.

Figura 2-3 As cinco forças competitivas

(fonte: PORTER, 1986)

Tucker (2001) reforça a questão da lealdade dos clientes, visto ser ela determinante para a sobrevivência da organização no longo prazo. Assim, não basta apenas fornecer produtos e/ou serviços aos clientes, é necessário desenvolver atendimento personalizado para, além de satisfazer, encantar o cliente, pois ele é a razão de ser da empresa fornecedora.

Os clientes de *software* desejam ver suas necessidades e expectativas atendidas, entregues no prazo acordado, sem custos adicionais, sem sustos e percalços e esperam contar com suporte ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Desta forma, para os desenvolvedores, não basta uma boa campanha de marketing, um portfólio respeitável e um preço baixo; devem

demonstrar competência para entregar e dar suporte técnico a esse produto dentro dos níveis de serviço especificados. Em outras palavras, isto significa que cada vez menos há espaço para a informalidade, como observam Salviano *et al.* (2004). A busca por padrões mais elevados de produtividade e até mesmo a adoção de um modelo de maturidade se tornou uma exigência e um passaporte para a comercialização internacional de produtos de *software*.

O atendimento às necessidades dos clientes pode ser feito de forma incremental, isto é, com base em suas reclamações ou sugestões ou, ainda, através de inovações. Toda inovação é um processo de criação de algo que tem valor significativo para as pessoas, para as empresas ou para uma sociedade. Ela pode ser aplicada na definição da estratégia da empresa, na formulação do marketing, na mudança do processo produtivo, na modificação das características dos produtos atuais e na criação de novos produtos. Em todos os casos, buscase o aumento do valor do produto da empresa junto aos seus clientes.

Para Slack *et.al.* (1999), os objetivos de desempenho dos processos internos podem trazer vantagens competitivas relacionadas com a qualidade, com a rapidez, com a confiabilidade e com a flexibilidade, que são aspectos visíveis e sensíveis para os clientes.

A competitividade das empresas depende também de sua capacidade de inovação, ou seja, de criar valor e vantagem competitiva sobre seus concorrentes externos, ainda que a inovação seja trivial ou decorrente de pequenos *insights* ou, ainda, mesmo que ela envolva idéias não necessariamente novas. O importante é inovar constantemente, pois todas as vantagens estão sujeitas a imitação. As empresas que interrompem seu processo de melhoria e inovação certamente serão suplantadas pelos concorrentes.

A *estratégia* é a maneira pela qual uma organização entende como vai se diferenciar das demais. De acordo com Porter (1986), a estratégia delinea um território que representa a melhor opção entre um conjunto de alternativas possíveis, considerando principalmente as forças do negócio e as oportunidades do ambiente. Tapscott (2001) verifica que o termo

“estratégia” tem sido freqüentemente utilizado como sinônimo de modelo de negócios, significando um conjunto de “suposições” de como a organização vai operar para criar valor para todos os participantes dos quais depende, e não apenas a seus clientes.

Segundo Hayes (1984), para que uma empresa possa desenvolver uma capacidade competitiva sustentada, ela deve conhecer profundamente a tecnologia empregada, o seu processo produtivo e como ele se relaciona com os demais processos da empresa. Além disso, para que a função de produção possa contribuir para os negócios empresariais, deve haver sincronia entre o processo tecnológico escolhido e a estratégia competitiva geral da empresa (força interna).

Ao se elaborar uma estratégia ou um planejamento estratégico, deve ser dada ênfase à análise dos ambientes interno e externo, para evidenciar o quanto a organização está preparada para enfrentar os desafios e correr riscos do negócio. Estas análises se baseiam no comportamento de um conjunto de características mensuráveis – *variáveis* - do negócio e também dos critérios estabelecidos para verificar o seu desempenho.

O conjunto de variáveis do negócio deve ser o mais abrangente possível, de forma a contemplar os aspectos vitais para a empresa e, ao mesmo tempo, pequeno o bastante para que seja possível controlar a efetividade das ações tomadas. Neste sentido, Rockart (1979) *apud* Laurindo (2002a) propõe a abordagem baseada nas necessidades expressas pelos próprios gestores da organização, segundo a qual as variáveis de controle formam os *fatores críticos de sucesso* (FCS). Segundo o autor, os FCS formam um conjunto limitado de áreas de ação que, “*se satisfeitos, asseguram o desempenho competitivo bem-sucedido para a organização*”.

As principais características dos FCS são:

- são poucos, mas tem importância “vital” para a organização;
- apresentam grande influência sobre os mercados atingidos ou pretendidos, apresentando uma forte sintonia com os produtos ou as necessidades dos clientes;

- reportam-se às atividades operacionais da empresa, especialmente aquelas ligadas aos processos de negócio.

2.3.2 Critérios de desempenho

Lawlor (1985) observa que faz parte da visão estratégica de uma empresa o tratamento das variáveis externas (mercado, concorrentes, clientes, governo etc.) e internas (tecnologia, produto, recursos etc.) do negócio em que a empresa atua.

As variáveis externas são dados do problema e, normalmente, a organização tem pouco ou nenhum controle sobre elas. No entanto, em relação às variáveis internas, a organização tem domínio e controle, podendo modificá-las de acordo com as suas necessidades. O tratamento das variáveis internas e externas se faz com base em determinados critérios de desempenho, representados na Figura 2-4.

Figura 2-4 Sete critérios de desempenho x sistema de produção

(fonte: SINK e TUTTLE, 1989)

Os critérios de desempenho são: a qualidade (*quality*); a qualidade de vida no trabalho (*quality of work life*); a inovação (*innovation*); a eficiência (*efficiency*); a eficácia (*effectiveness*); a lucratividade (*profitability*); o cumprimento ou realização (*budgetability*); e

a produtividade (*productivity*).

De acordo com Slack *et al.* (1999), não existe concordância entre os autores sobre os critérios de desempenho de um sistema organizacional, nem mesmo quanto às definições operacionais. Por esta razão, esta dissertação adota o modelo proposto por Sink e Tuttle (1989) e analisa apenas o tratamento das variáveis internas, de acordo com a sua distribuição no modelo SIPOC. As considerações desses autores são complementadas com algumas observações de Lawlor (1985) e Sumanth (1984).

Qualidade

Este critério mede quão bem foi produzido o que foi entregue ao cliente. É medido normalmente por quem recebeu o produto (1.2) e por quem disponibilizou o recurso (1.1). Além de manter o foco na eficácia do objeto, considera indiretamente a eficiência do processo. Nota-se que a qualidade está presente em todas as etapas do sistema produtivo: na entrada, na saída e no processo de produção (qualidade interna).

Qualidade de vida no trabalho

Está relacionada com os aspectos subjetivos de cada uma das pessoas envolvidas no sistema organizacional e produtivo. Compreende a remuneração das pessoas, as condições de trabalho, a cultura, as oportunidades, a liderança, os relacionamentos, a autonomia, a variedade de habilidades (*skills*) e a identificação com o trabalho.

Inovação

Traduz o processo criativo de mudanças na produção, envolvendo a estrutura, a tecnologia, os serviços, os métodos, os procedimentos, as políticas e os produtos.

Eficiência

A eficiência está atrelada ao uso dos recursos, sejam eles consumidos no processo, transformando-se em produtos finais, sejam eles apenas utilizados como auxiliares do processo. Ela relaciona a quantidade ou o valor dos recursos esperados, previstos ou

estimados para serem consumidos (*resource expected to be consumed* - REC) com os recursos realmente consumidos ou utilizados (*resource actually consumed* - RAC).

A Figura 2-5 apresenta a formulação algébrica e o comportamento entre as quantidades ou valores esperados e utilizados.

Figura 2-5 Comportamento da eficiência

(fonte: adaptado de SINK e TUTTLE, 1989)

O critério de julgamento normalmente aplicado é: “Se a eficiência for maior que 1, então a produção foi eficiente. Ao invés, se foi menor que 1, então a produção foi ineficiente”, traduzindo o conceito de “fazer da melhor forma possível”. Percebe-se que a eficiência é limitada (determinando uma região impossível) por uma quantidade mínima de recursos que deve ser empregada no processo.

Eficácia

A eficácia está orientada para as saídas produzidas, tanto em valor quanto em quantidade, relacionando a saída real (*actual output* – AO) com a saída esperada (*expected output* - EO).

A Figura 2-6 apresenta tanto a formulação algébrica quanto o comportamento entre dos componentes da eficácia.

Figura 2-6 Comportamento da eficácia

(fonte: adaptado de SINK e TUTTLE, 1989)

O critério de julgamento normalmente aplicado é: “Se a eficácia for maior que 1, então a produção foi eficaz. Ao invés, se foi menor que 1, então a produção foi ineficaz”, traduzindo o conceito de “fazer aquilo que tem que ser feito”. Percebe-se que a eficácia também é limitada por uma quantidade máxima, correspondente à limitação dos recursos empregados, e pela quantidade de saída desejada pelo cliente do processo produtivo.

Relação entre eficácia e eficiência

A eficiência e a eficácia são conceitos distintos e não há uma relação, em princípio, entre ambas. Lawlor (1985) sugere que seja analisada a existência de implicação entre ambas. Assim, é possível que a quantidade de recursos esperados para serem consumidos esteja relacionada com a quantidade de produtos a serem produzidos (REC está relacionado a EO) e que a quantidade de recursos realmente consumidos esteja relacionada com a saída efetivamente produzida (RAC está relacionado a AO).

Para tanto, podem existir quatro situações possíveis:

- ser eficiente e eficaz;
- ser eficiente e não eficaz;
- não ser eficiente e ser eficaz;

- não ser eficiente e não ser eficaz.

A necessidade de se adequar a administração dos negócios empresariais aos ditames da eficácia dos negócios e da eficiência no uso dos recursos está na base da sobrevivência da empresa na economia globalizada. De acordo com Drucker (1996), uma das mais importantes mudanças no conceito da organização empresarial é o conceito da efetividade, um misto entre eficácia e eficiência, a qual deve direcionar (*driver*) as demais formas de conduta dos administradores.

Produtividade

Mede-se a produtividade pelo que foi produzido em relação aos recursos que foram disponibilizados. Quanto mais tangíveis forem os recursos empregados, mais fácil e mais evidente se mostra este conceito.

A produtividade expressa a razão entre uma determinada saída e as entradas utilizadas para obter o resultado, ou seja, é uma combinação entre eficácia e eficiência, desde que a eficácia esteja relacionada com o desempenho e a eficiência esteja relacionada com a utilização de recursos. A fórmula 2-1 indica como calcular a produtividade.

$\text{Produtividade} = \frac{\text{Resultados obtidos}}{\text{Entradas utilizadas}} = \frac{\text{Desempenho alcançado}}{\text{Recursos consumidos}} = \frac{f(\text{Eficácia})}{f(\text{Eficiência})}$
--

Fórmula 2-1 Produtividade

Como a eficiência é a medida do melhor uso dos recursos (esperado e utilizado) e a eficácia, a medida do resultado (esperado e obtido), as variações na produtividade podem ser entendidas como dependentes (ou função) da eficácia e da eficiência. Portanto, melhorar a produtividade significa melhorar as saídas e/ou as entradas, como mostra o Quadro 2-1.

Quadro 2-1 Situações de aumento de produtividade

(fonte: SINK e TUTTLE, 1989)

Situação	Saída	Entrada
1	Aumenta	Diminui
2	Aumenta	Constante
3	Aumenta	aumenta, a taxa menor
4	Constante	Diminui
5	Diminui	Diminui, a uma taxa maior

O relacionamento entre os componentes da produtividade levam a refletir sobre os seguintes pontos:

- um aumento na produção também aumenta a produtividade, o que é verdade se os custos aumentam a uma taxa menor;
- o lucro e a produtividade podem ser considerados sinônimos, somente se o lucro não for obtido através de uma recuperação de preços;
- o corte de custos aumenta a produtividade, desde que sejam aqueles que afetam a produtividade propriamente dita;
- as melhorias parciais na produtividade devem ser analisadas com cuidado, pois as áreas são unidades interdependentes; isto é, a melhoria de uma afeta as demais;
- uma melhoria da eficiência no uso de algum recurso resulta no aumento da produtividade, pois o mesmo resultado poderá ser obtido com uma menor quantidade daquele recurso;
- uma melhoria na eficácia significa que mais resultado estará sendo produzido com a mesma quantidade do recurso.

De acordo com Sumanth (1984), as melhorias nos processos ocorrem de forma gradual; assim, seriam observados três momentos para a implementação de uma dada melhoria:

- em um primeiro momento (eficiência corrente), uma melhoria deveria responder a questões do tipo “o que pode ser feito agora, considerando todas as restrições existentes”;

- já num segundo momento (capacidade a médio prazo), a melhoria implementada deveria responder a pergunta: “quanto melhor poderia estar, melhorando o uso dos recursos”;
- e, em um terceiro momento (potenciais de longo prazo), ela deveria responder a questões como “onde deveria estar, considerando modificações profundas em termos de objetivos e recursos”.

A Figura 2-7 sintetiza os três momentos de melhoria.

<div> <div>↑</div> <div>melhoria de produtividade</div> <div>↓</div> </div>	O que é possível ou desejável ?		
	O que deve ser feito ? →		Momento 3
		Momento 2	Onde deveria estar ?
		Quanto melhor poderia estar?	
	Momento 1		
	O que pode ser feito agora?		
	Eficiência corrente	Capacidade de médio prazo	Potenciais de longo prazo

Figura 2-7 Bases da melhoria

(fonte: adaptado de SUMANTH, 1984)

Putnan e Myers (1992) reforçam a idéia acima, uma vez que, para eles, as melhorias não fazem sentido algum se não estiverem relacionadas com algum objetivo prático como: um melhor conhecimento da situação atual dos produtos, dos processos e da utilização dos recursos entre outros. Corbett Neto (1997) chama a atenção para que, em cada caso, deve-se avaliar se é mais conveniente é melhorar o todo ou buscar as melhorias de cada aspecto em particular (*best of breed*).

2.4 Gestão da Qualidade Total

É da natureza humana concluir precipitadamente e buscar soluções a problemas sem

identificá-los adequadamente, afirma Drucker (1996). De acordo com a Teoria dos Sistemas, este comportamento pode ser explicado pelos princípios da homeostase dinâmica (todo sistema busca constante e rapidamente a situação de equilíbrio) e da entropia negativa (todo sistema consome para si parte da energia sua e do meio ambiente), que atendem primeiro pela garantia da sobrevivência do sistema (CHURCHMAN, 1972). No entanto, a Teoria da Administração, como visto acima, provê elementos para que a resolução de problemas ocorra de forma planejada e controlada. Neste contexto, o Seis Sigma provê uma disciplina necessária para garantir que se irá trabalhar no problema certo, que a causa-raiz será identificada e que a melhor solução será determinada e implementada.

Rotondaro (2002a) constata que muitos “métodos de melhoria” foram elaborados com base nos conceitos de René Descartes, que são: dúvida metódica; rejeição das idéias factícias e das fictícias; explicação racional e cartesiana; e fundamentação nas evidências. Mais recentemente, afirma o autor, aqueles métodos fundamentam-se nos critérios da Gestão da Qualidade.

Garvin (1992) registra vários enfoques dados ao gerenciamento da função da qualidade, ao longo do século XX:

- Controle da Qualidade (desde 1900): consiste no desenvolvimento de sistemas que monitoram o projeto, o processo de fabricação e a assistência técnica de um produto ou de um serviço;
- Controle Estatístico de Processos (1945): controle da qualidade realizado utilizando-se técnicas estatísticas;
- Zero Defeito (1960): sistema de gestão da qualidade desenvolvido por Philip Crosby;
- Círculos de Controle da Qualidade (1962): reunião de pessoas que investigam problemas de qualidade, proposto por Kaoru Ishikawa;
- Qualidade Assegurada (1980): consiste em oferecer-se uma garantia ao cliente, assegurando-se que o produto ou serviço oferecido é confiável;

- Controle da Qualidade Total (1980): sistema de gestão empresarial baseado na qualidade, com o envolvimento de toda a organização.

A década de 80 foi bastante propícia para a difusão dos conceitos da qualidade, graças a notoriedade das obras de importantes pensadores, como:

- Kaoru Ishikawa: a qualidade deve ter primazia em relação aos lucros rápidos, deve estar orientada para o cliente, utilizar métodos estatísticos como base para a tomada de decisão; garantir uma administração participativa entre gerentes, clientes e empregados;
- Genichi Taguchi: a qualidade é um dos objetivos da engenharia do produto e deve otimizar as ações relacionadas com o *design* do produto e com os métodos estatísticos de controle da qualidade;
- Philip.B.Crosby: a qualidade é “conformidade com as exigências”; as empresas devem focar a prevenção mais do que a inspeção e buscar o nível de qualidade “zero defeito”. Crosby deu ênfase à elaboração dos componentes do custo da qualidade;
- Joseph M. Juran: a qualidade está relacionada com o bom desempenho do produto, que, livre de deficiências, resulta em satisfação para o cliente e deve ser um processo planejado, controlado e melhorado continuamente;
- Armand Feigenbaum: a qualidade é um sistema integrador de esforços de diversos grupos na organização que permite produzir em níveis mais econômicos e atender plenamente a satisfação dos clientes. O autor introduziu o conceito de administração da qualidade total em 1957 e, na década de 1980, contribuiu fortemente para firmar as bases do Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control* - CQT) e do Gerenciamento da Qualidade Total (*Total Quality Management* - TQM);
- W.Edward Deming: a qualidade começa com a alta administração e é uma atividade estratégica; os trabalhadores são seres humanos e não engrenagens de máquina; para que uma organização atinja níveis superiores de qualidade, ela deve atentar para 14 princípios: ter constância de propósitos, adotar uma nova filosofia, não depender de inspeção, selecionar fornecedores através de outros critérios além do preço, melhorar continuamente seus processos produtivos e serviços correlatos, treinar seus colaboradores, instituir lideranças, eliminar o medo das pessoas em relação à administração, romper as barreiras interdepartamentais, eliminar slogans e metas para

os empregados, eliminar cotas ou padrões de trabalho, remover barreiras ao orgulho pelo trabalho, instituir um sólido programa de educação e auto-aperfeiçoamento e executar ações para transformação.

A importância desses pensadores foi que eles contribuíram para a formação da idéia do TQM, que é uma forma de pensar e trabalhar com a preocupação voltada para o atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores. Slack *et.al.* (1999) constatam que o TQM deslocou o foco no que diz respeito à qualidade, que, de uma atividade puramente operacional, passa a ser vista como uma responsabilidade da organização como um todo. Por esta razão, o TQM pode ser considerado uma evolução dos conceitos de qualidade, desde o da Inspeção até o da Administração da Qualidade Total. A Figura 2-8 sintetiza a evolução.

Figura 2-8 Bases da melhoria

(fonte: adaptado de SUMANTH, 1984)

Deming instituiu ainda uma abordagem para a gestão dos processos, tanto para a sua execução quanto para a sua melhoria, que ficou internacionalmente conhecida como o ciclo PDCA, representado na Figura 2-9.

Os elementos deste ciclo têm o seguinte significado:

- planejar (*plan*): estabelecer metas de qualidade e definir como alcançá-las;
- executar (*do*): realizar as atividades planejadas e coletar dados do processo;
- verificar (*check*): analisar os resultados do processo;
- agir (*action*): determinar ações para reduzir a variabilidade e eliminar as causas dos problemas.

Figura 2-9 Ciclo PDCA
(fonte: GARVIN, 1992)

2.5 Seis Sigma

De acordo com Folaron (2003), o Seis Sigma não é uma revolução no modo de pensar tampouco provê um conjunto novo de ferramentas e técnicas. É uma evolução na forma de entender a melhoria contínua, que combina vários dos melhores elementos do TQM, de forma rigorosa, disciplinada e clara.

Harry e Schroeder (2000) entendem o Seis Sigma como um processo de negócio que permite às empresas alcançar ganhos financeiros significativos por meio do desenvolvimento e do monitoramento das demais atividades de negócio, minimizando os desperdícios e aumentando a satisfação dos clientes.

A Figura 2-10 mostra a evolução e a interligação entre as várias metodologias, técnicas e teorias surgidas a partir da Escola da Administração Científica.

Figura 2-10 Evolução das teorias, metodologias e técnicas no séc.XX

(fonte: CARD, 2002)

2.5.1 Origem

No início da década de 1970, a Motorola era líder mundial no setor de comunicação sem fio e lutava pela liderança no mercado de semicondutores. No final dessa década, o cenário era completamente diferente, enfrentando a empresa uma forte concorrência da indústria japonesa. Barney e McCarty (2003) informam que, para sair desta situação, Bob Galvin, CEO da Motorola, estabeleceu uma estratégia na qual um dos pontos importantes era adaptar alguns conceitos do TQM, especialmente os Círculos de Controle da Qualidade (CCQs) e a divisão dos resultados das melhorias com os colaboradores.

Em 1985, um engenheiro de qualidade, Bill Smith analisando o desempenho da qualidade, verificou que os produtos retrabalhados apresentavam um desempenho sensivelmente pior que os produtos que não sofriam o retrabalho durante a sua fabricação. No sentido de homogeneizar os conceitos, permitir uma interpretação sem ambigüidade e comparar

diferentes situações e produtos, ele propôs o uso da capacidade sigma, uma métrica comum para avaliação do desempenho de qualidade. Assim, o nome Seis Sigma, baseado na capacidade sigma de um processo, passava a ser utilizado dentro da organização como uma meta para a qualidade e como um guia para todas as iniciativas de melhoria de processos que, na época, envolviam a documentação dos processos-chave, o alinhamento dos processos aos requisitos críticos dos clientes e a implementações de medições e de sistemas de análise.

O sucesso da Motorola fez com que outras organizações também se interessassem em conhecer o Seis Sigma. A Motorola, com o apoio da IBM, Kodak, Asea Brown Boveri, Texas Instruments, criou o Instituto de Pesquisa Seis Sigma (*Six Sigma Research Institute* que atualmente é a *Six Sigma Academy*), visando o aperfeiçoamento dos conceitos e do uso de ferramentas mais avançadas. De acordo com Harry e Schroeder (2000), o desenvolvimento de um ciclo rápido de transferência de conhecimento foi um dos mais importantes desafios deste Instituto. Isso culminou com o estabelecimento de um conjunto de ferramentas capaz de reduzir defeitos, através da eliminação das causas-raiz e das fontes de variabilidade.

Para Harry e Schroeder (2000), foi através da General Electric Co. (GE), no entanto, que o Seis Sigma se tornou conhecido internacionalmente. Entre 1996 e 1997, a GE investiu US\$ 450 milhões para sua implementação e obteve, em 1999, ganhos de produtividade na ordem de US\$ 1,5 bilhão. Esses resultados financeiros foram atribuídos ao aumento de *market-share* da empresa, à medida que os consumidores passaram a perceber os reais benefícios do Seis Sigma.

Cicco (2003) afirma que no Brasil, empresas como a AmBev, o Grupo Gerdau, a Kodak, a ABB, a Belgo-Mineira, a Multibrás, a Petrobrás, dentre outras, estão adotando a Metodologia Seis Sigma com bons resultados.

Campos (2004) enfatiza a força que o nome Seis Sigma carrega, no sentido de atingir a perfeição, minimizando a variação dos processos de uma organização. O autor entende que o

nome pode ser fruto de uma moda passageira, mas as ferramentas e os objetivos do programa não mudarão, pois em todas as empresas existe sempre a oportunidade de melhorar os produtos (uma combinação de projeto e processo de entrega de valor), barateá-los (uma combinação de qualidade e velocidade) e oferecê-los de maneira mais rápida (também uma combinação de qualidade e velocidade).

Retomando as origens do Seis Sigma, Folaron (2003) apresenta uma lista de semelhanças e diferenças em relação ao TQM, conforme mostra o Quadro 2-2 .

Quadro 2-2 Comparação entre TQM e o Seis Sigma

(fonte: FOLARON, 2003)

	TQM	Seis Sigma
Semelhanças	Focado no Cliente Impulsionado por líderes Orientado aos processos Gerenciamento pelos fatos Metodologia definida (PDCA) Trabalho em equipe	Focado no Cliente Impulsionado por líderes Orientado aos processos Gerenciamento pelos fatos Metodologia definida (DMAIC) Trabalho em equipe
Diferenças	Análise estatística básica Tarefa de todos Projetos identificados de baixo para cima Carteira de ferramentas Custo da má qualidade Desencadeado nos processos	Análise estatística avançada Tarefa de especialistas Projetos identificados pela estratégia empresarial Uso estruturado de ferramentas Viés na linha base Desencadeado por projetos

De acordo com Card (2002), os modelos de maturidade de processos fornecem uma abordagem para a execução e o gerenciamento dos processos para a integração das atividades na organização. Para tanto, partem da premissa de que a maturidade é atingida de forma gradual e paulatina, passando necessariamente pelos seguintes estágios:

- gerenciamento das atividades: significa que a organização passa a administrar o que executa;
- definição das atividades: significa que a organização passa a executar o que sabe fazer;

- gerenciamento quantitativo: significa que as decisões passam a ser tomadas com base nos fatos e sempre que os dados do processo atinjam determinados patamares ou denotem tendências que justifiquem esforços de melhoria;
- melhoria contínua: significa que a organização passa a promover melhorias de forma contínua e sistemática.

2.5.2 Definição

O Seis Sigma é uma metodologia organizada que contribui para a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos de produção de um bem ou serviço; da otimização das operações; e da eliminação sistemática dos defeitos, falhas e erros, levando em consideração todos os aspectos importantes do negócio que possam diferenciar a empresa junto aos seus clientes, explica Marash (2000).

Para Zinkgraf (1998), o Seis Sigma pode ser entendido como uma metodologia, para “reduzir continuamente a variabilidade dos produtos entre a situação atual e a meta dos clientes” ou como uma definição estatística, pela qual “um processo seis sigma é aquele no qual é rara a presença de uma variação fora das especificações”.

Biehl (2004) reforça o conceito do Seis Sigma como uma metodologia para a redução da variabilidade e acrescenta também o conceito de melhoria da capacidade do processo. Para traduzir a idéia do autor, apresenta-se um pequeno exemplo, que é representado graficamente na Figura 2-11:

“Uma empresa deseja aumentar a capacidade de seu processo (atualmente medido em 5) para atingir o nível desejado pelo cliente (atingir a meta 10) e, ao mesmo tempo, quer reduzir a variabilidade de seu processo”.

Figura 2-11 Resultado obtido pelo TQM na melhoria de um processo

(fonte: BIEHL, 2004)

Para Watson (2001), o emprego da estatística descritiva (coleta de dados) e inferencial (análise e interpretação de resultados) têm por objetivo medir a capacidade do processo em desenvolver um trabalho livre de defeitos (*defect free work*), caracterizar as fontes de variabilidade e gerar conhecimento necessário para aperfeiçoar os processos.

2.5.3 Conceitos fundamentais

Cabe agora uma pequena digressão para que se tornem patentes e de modo preciso os significados de alguns conceitos ou termos básicos referentes ao universo do Seis Sigma, os quais são tratados de forma superficial nesta dissertação.

O primeiro termo diz respeito a *defeitos*. Infantini (2005) entende que *defeito* é uma característica do produto, transação ou serviço que está fora da especificação ou não atende aos requisitos do cliente, enquanto *defeituoso* é todo produto, transação ou serviço que apresenta um ou mais defeitos. O autor ainda define “número de oportunidades de defeitos” como sendo o número de unidades processadas multiplicado pelas chances de cada unidade apresentar defeito.

O segundo termo ou conceito é o próprio *sigma*. De acordo com Smith (1993), o termo *sigma* mede a capacidade de um processo em trabalhar livre de falhas, isto é, reduzir a variação no resultado entregue aos clientes a uma taxa de defeitos equivalente a 3,4 partes por milhão (ppm) ou 99,99966 % de perfeição, conforme mostra a Figura 2-12.

Figura 2-12 Capacidade Sigma

(fonte: Costa Neto, 2003)

Quanto maior o número de sigmas contados a partir da média da distribuição, a probabilidade complementar (área sob a “cauda” da distribuição) tende a zero, ou seja, menos provavelmente um processo irá produzir defeitos. Nesse caso, como observa Harry (1998), a confiabilidade no produto aumenta, a necessidade de realização de testes e inspeção diminui, o estoque intermediário sofre declínios, os custos reduzem e a satisfação do cliente aumenta.

O outro conceito trata do alcance do *nível sigma*. Contudo, o fato de se fixar a meta de 6 sigmas não significa que tal escopo corresponda ao cenário mais provável. Alcançar o Seis Sigma significa reduzir defeitos, erros e falhas a praticamente zero defeito ou a “quase perfeição” no desempenho dos processos. Henderson e Evans (2000) observam que o atingimento puro e simples de 6 sigmas pode significar um investimento muito alto para muitas empresas, sem o seu correspondente retorno do investimento. Por esta razão, LeGault (1998) estima que a taxa de defeito na maior parte das companhias americanas está associada com 3,5 sigmas, ou seja, 35.000 defeitos por milhão.

O objetivo prático, muitas vezes, não é atingir esta marca, mas instituir uma forma sistemática de reduzir a variabilidade dos processos através da assimilação e organização da informação, bem como alcançar melhorias na lucratividade através da melhoria da qualidade ou, ainda, reduzir e eliminar a incidência de erros, defeitos e falhas em um processo.

Smith e Adams (2000) e também Finn (1999) afirmam que o Seis Sigma pode ser aplicado na maioria dos setores da atividade econômica, em processos técnicos e não técnicos. Waxer (2005) também concorda com esta posição, ao acrescentar que o mais importante é a filosofia apregoadada pelo Seis Sigma, ou seja, a busca pela melhoria da capacidade do processo, independentemente do valor obtido ao final do projeto. Blakeslee Jr (1999), por seu lado, observa e registra que o cliente percebe claramente quando o que recebe apresenta uma qualidade muito maior e, muitas vezes, aceita pagar por isso, como ocorreu com a GE.

Um outro conceito importante diz respeito à possibilidade de melhoria. Carvalho (2002) entende que, para haver melhoria de um processo, os seus dados devem ser transformados em dados estatísticos, para que possam ser analisados. Com isto, os problemas do processo possam ser equacionados adequadamente. Posteriormente, transforma-se novamente os dados em características do processo, de modo a operacionalizá-los no mundo real. Em outras palavras, tratar-se-ia de estabelecer os limites do processo para reduzir a variabilidade. Além disso, o controle estatístico tem por objetivo conhecer a estabilidade do processo, monitorando seus parâmetros ao longo do tempo. A primeira condição é que a distribuição dos valores atenda a uma distribuição normal, uma vez que diversos cálculos e interpretações formulados tomam esta condição como premissa.

Sendo normal a distribuição dos dados, o Seis Sigma tem a preocupação de tratar as variabilidades do processo que podem ser decorrentes de causas comuns (do dia-a-dia) ou devidas a ocorrências fortuitas, acrescenta Costa Neto (2003). Se o processo varia somente devido a causas comuns, diz-se que ele está sob controle. Em termos estatísticos, todas as medidas tomadas do processo mostram valores dentro de uma faixa delimitada pelos limites de controle (superior e inferior), com os seguintes valores:

limite superior = média da distribuição + 3 desvios padrões

limite inferior = média da distribuição – 3 desvios padrões

Segundo Snee (2000), o Seis Sigma possui duas abordagens, uma administrativa e uma técnica. A abordagem administrativa está direcionada na escolha do processo, das metas, dos objetivos, dos projetos e das pessoas com as habilidades necessárias para executar os projetos com sucesso de forma a perpetuar seus ganhos. A abordagem técnica tem o foco voltado para a melhoria dos processos, com o aumento do nível médio de desempenho e com a redução da variabilidade.

2.5.4 Variabilidade dos processos

O Dr. Walter Shewhart, criador da Carta de Controle, afirmava que todo processo exibe variação: alguns exibem variação controlada enquanto outros exibem uma variação incontrolada. Costa Neto (2003) reforça que não existe processo sem variação; se assim for, os dados coletados são falsos.

Qualquer processo apresenta algum tipo variação que pode ocorrer por diferenças ou inconsistências de quem está trabalhando, diversidade da matéria-prima empregada, das condições ambientais e muitas outras razões. As causas dessas variações podem ser divididas em dois grupos: comuns ou especiais.

Entende-se por causas comuns aquelas que são intrínsecas e estão presentes em todos os processos. Decorrem de situações do dia-a-dia e, quando pequenas, não interferem no desempenho do processo. Elas afetam todos os valores individuais dos elementos de um processo; são resultantes de diversas origens sem que nenhuma tenha predominância sobre a outra. Enquanto os valores individuais diferem entre si, quando são agrupados formam um padrão (distribuição de probabilidade), que pode ser caracterizado pela localização (centro da distribuição), dispersão (variabilidade dos valores individuais) e forma (formato da distribuição). A variação devido a causas comuns está sempre presente; ela não pode ser reduzida sem mudanças ou melhorias no projeto do processo.

As causas especiais são provocadas por acontecimentos fortuitos, não são controláveis e afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível. Por esta razão, não permitem que se estabeleça um padrão ou distribuição de probabilidade. Diferenciam-se das causas comuns pelo fato de produzir resultados totalmente discrepantes com relação aos demais valores. Os principais motivos que podem justificá-las são: utilização incorreta dos equipamentos, erros dos operadores ou matérias-primas defeituosas. Segundo Ramos (1995), deve-se continuamente monitorar o processo para coibir este tipo de causa, de modo que se possa eliminá-la uma a uma, até estabilizar o processo.

De acordo com Pyzdek (1990), a *práxis* da execução de muitos projetos Seis Sigma fez com que se exacerbasse no zelo do seu tratamento, em função do tipo das causas (comuns ou especiais), aumentando sobremaneira o custo da qualidade. Um desses “zelos” é que a identificação e a correção de causas comuns é um trabalho complicado, feito apenas por especialistas, que só é possível corrigir com mudanças significativas no processo.

Uma forma alternativa é entender que algumas causas são visíveis e outras são escondidas. As primeiras são facilmente distinguidas, uma vez que seus resultados estão explicitamente fora dos limites ou os seus comportamentos são estranhos aos envolvidos. As causas escondidas são as mais difíceis, pois alguns de seus efeitos ainda não se manifestaram ou não foram totalmente identificados.

2.5.5 Medição da capacidade Sigma

De acordo com Harry (1998), a capacidade de um processo reflete a sua capacidade em produzir produtos de acordo com as especificações dos clientes ou da engenharia. Card (2002) reforça esta idéia e afirma que todos os processos têm limites de desempenho e é necessário que estes sejam conhecidos e entendidos.

A capacidade só pode ser calculada, avaliada e interpretada desde que se assegure que o processo se encontra sob controle estatístico (seja estável), isto é, não existam causas especiais atuando sobre ele. Os processos estão sob controle quando a sua variação está dentro

dos limites inferior e superior de controle e depende apenas das causas comuns. Se isso não ocorrer, não tem sentido verificar sua capacidade, pois o seu comportamento não é previsível e não se podem utilizar os dados gerados para se analisar seu comportamento em relação às especificações.

O Seis Sigma propõe a utilização da capacidade sigma, também chamada de nível sigma, para avaliar o desempenho de um processo face às especificações formuladas. Nos processos de manufatura, a capacidade de produção depende da capacidade dos equipamentos e, portanto, as especificações são normalmente conhecidas *a priori* e só se alteram em função de modificação nos equipamentos – desgaste ou modernização.

Para os processos de prestação de serviço, Carvalho (2002) avalia que nem sempre as especificações estão disponíveis e podem sofrer alterações mais amiúde, exigindo um constante monitoramento e reformulação das mesmas, principalmente em atividades nas quais a resposta às exigências dos clientes deva ser feita de forma rápida e dinâmica.

Por exemplo: se uma organização desenvolve habitualmente um determinado tipo de *software* em 17 semanas em média com um desvio padrão de 2 semanas, pode-se dizer que o processo está estável. Mas, se a necessidade de seus clientes é que o produto esteja pronto em apenas 10 semanas, diz-se, então, que o processo é incapaz de atender a exigência.

A Figura 2-13 ilustra este caso.

Figura 2-13 Estabilidade x capacidade do processo

(fonte: adaptado de CARVALHO, 2002)

Limites de controle

De acordo com Harry (1998), a capacidade de um processo deve ser definida dentro da faixa de $\mu + 3\sigma$. Estes pontos são considerados como os limites naturais de qualquer processo.

O autor afirma que existe uma relação precisa entre a distribuição da população e a distribuição das médias das amostras. Ambas são centradas na média do processo. Assume-se que a distribuição da população seja normal a fim de facilitar os cálculos, no entanto, a distribuição da média das amostras é sempre normal, independentemente da forma da distribuição da população.

Limites de especificação

Segundo Harry (1998), diz-se ainda que um processo é capaz, se a variação estiver dentro de limites de especificação (LSE e LIE) impostos pelos clientes e pela gerência. Neste caso, diz-se que o processo é capaz. Caso contrário, o processo é incapaz.

Os limites de especificação ficam compreendidos totalmente dentro da faixa determinada pelos limites de controle. Quanto mais estreita for a dimensão (diferença entre os limite de especificação superior e inferior), melhor está o processo, pois apresenta menor variação.

A Figura 2-14 indica os limites de especificação e de controle.

Figura 2-14 Limites de especificação e de controle

(fonte: adaptado de RAMOS, 1995)

Considerações mais detalhadas sobre controle estatístico do processo são apresentadas nos anexos 1 e 2 deste trabalho. Da mesma forma, considerações adicionais sobre a medição de capacidade podem ser encontradas nos anexos 3 e 4.

A avaliação da capacidade sigma pode ser feita a partir de dados discretos ou contínuos. Infantini (2005) define que dados discretos são aqueles que permitem contagens isoladas, como “número de defeitos” ou “defeituosos”, enquanto que dados contínuos se referem a medidas que apresentam a possibilidade de decimais. Para cada tipo de dado, é sugerido um tratamento estatístico.

2.5.6 A estrutura organizacional

Para que o sucesso esperado seja atingido, um programa Seis Sigma é uma "estratégia de ruptura" que depende inteiramente das pessoas que dirigem a organização (*top-down*), de um corpo de especialistas (*belts*) e da conscientização de todos os demais, afirma Hoerl (1998). Por esta razão e porque a filosofia do Seis Sigma é buscar resultados rápidos é necessária uma considerável mobilização de pessoas e funções, constata Rotondaro (2002a). Os principais atores ou papéis são os seguintes:

- *executive leader*: principal interessado no sucesso do Seis Sigma, que tem como principal função comprometer a Alta Direção e estabelecer objetivos do Seis Sigma para a organização e verificar o seu cumprimento;
- *champion*: representante da Alta Direção, sendo responsável pela liderança junto aos executivos da organização;
- *master black-belt*: responsável por trabalhar os aspectos conceituais (lançamento das idéias) e facilitar a implementação dos projetos Seis Sigma nas diversas unidades da organização;
- *black-belt*: são os que efetivamente implementam os projetos Seis Sigma;
- *green-belt*: auxiliam os *black belts* na coleta de dados e desenvolvimento dos experimentos para os projetos Seis Sigma.

Além destes papéis, é possível estabelecer outras “faixas”, no sentido de dividir as responsabilidades e as tarefas, como os *yellow-belt*¹.

2.5.7 Processos Seis Sigma

Como já mencionado, o Seis Sigma foi aplicado originariamente para melhoria de processos da área de produção. À medida em que foi se popularizando, evoluiu para outros contextos, principalmente na área de serviços. Desta forma, foi ganhando novos contornos, o que deu origem a outros modelos, como o *Design for Six Sigma* (DFSS) para novos processos e produtos e o *Design for Lean Six Sigma* (DFLSS) para ambientes que utilizam os conceitos do *Lean Thinking* para produção e para serviços.

O Seis Sigma se manifesta em dois momentos nas organizações: o primeiro, o lançamento dos conceitos ou da filosofia, ocorre quando a empresa toma contato com o Seis Sigma e adota seus princípios para melhorias nos processos ou para a solução de problemas; o segundo se dá toda vez em que um novo projeto Seis Sigma é executado (implementação).

¹ As cores das “faixas” seguem a tradição das artes marciais orientais: preta, roxa, verde, azul, amarela e branca.

2.5.8 Métodos para a implementação de projetos Seis Sigma

Os principais métodos para a implementação dos conceitos e de implementação de projetos específicos Seis Sigma são os que constam do Quadro 2-3.

Quadro 2-3 Resumo dos métodos de lançamento e implementação do Seis Sigma

(fonte: o autor)

Método	Características
MAIC	Primeiro método de implementação do Seis Sigma, desenvolvido pela Motorola. Contém as seguintes etapas: medir, analisar, melhorar e controlar.
DMAIC	Extensão do MAIC desenvolvida pela GE. É atualmente o método de implementação mais difundido. Contém as etapas: definir, medir, analisar, melhorar e controlar.
Breakthrough Strategy Harry e Schroeder (2000)	Método de lançamento da filosofia e implementação que enfatiza a gestão dos processos Seis Sigma sob três perspectivas: negócio, operação e processo. As etapas são: reconhecer, definir, medir, analisar, melhorar, controlar, padronizar e integrar.
Roadmap Gross (2001)	Método de lançamento da filosofia que dá destaque para as atividades gerenciais: estimar esforços, custos e cronograma; divulgar os conceitos; treinar os executivos; escolher uma consultoria; eleger o responsável e implantar os projetos.
Six Sigma Roadmap Pande, Neuman e Cavanagh (2001)	Método de lançamento da filosofia para gestão (melhoria, reengenharia e gerenciamento) e da implementação do Seis Sigma (identificar, definir, medir, priorizar, expandir e integrar).
Proposta de Eckes (2001)	Método de lançamento da filosofia. Foca as atividades: definir objetivos, obter concordância, (re)criar os processos, identificar os responsáveis, medir, selecionar projetos e gerenciar o processo Seis Sigma.
New Six Sigma Barney e McCarty (2003)	Método de lançamento da filosofia. Enfatiza o alinhamento operacional e estratégico. As atividades são as seguintes: alinhar os interesses; estabelecer metas; criar equipes autônomas; acelerar os resultados; gerenciar e disponibilizar recursos. As etapas são: medir, treinar e implantar.
DMAV	Método de implementação que vem sendo utilizado para os casos de implementação de novos serviços e produtos. Substitui as etapas de melhorar e controlar, do DMAIC, pelas de projetar e verificar.
IDOV	Método de implementação para novos serviços e produtos sugerido pelo instituto iSixSigma. As atividades são: identificar, projetar, otimizar e validar.
DMEDI	Método de implantação para novos serviços e produtos sugerido pela Pricewaterhouse & Coopers. As atividades são: definir, medir, explorar, desenvolver e implantar

2.5.9 Etapas de implementação de projetos Seis Sigma

Um método de implementação do Seis Sigma é um conjunto de processos disciplinados, claros e rigorosos, afirma Linderman (2003). Rotondaro (2002a) lembra que, em virtude da origem conceitual do Seis Sigma, todos os métodos seguem os princípios do PDCA de W. Edward Deming, ou seja, definem processos de planejamento, execução, verificações e ações de melhoria contínua.

Os procedimentos dos métodos de lançamento da filosofia e da implementação se preocupam com a solução de problemas ou melhorias nos processos em três níveis básicos: o negócio (aumentar a lucratividade e garantir a sobrevivência da organização a longo prazo), a operação (aumento da eficiência dos processos e eliminação dos custos da não qualidade) e o processo (redução dos defeitos e da variação e aumento da capacidade).

Com base nos métodos apresentados acima **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, as etapas de lançamento da filosofia e da implementação dos projetos são as seguintes:

- reconhecer: significa entender os conceitos fundamentais do Seis Sigma para a solução de problemas e de como a variação afeta os resultados do negócio em termos de custos, tempo e satisfação do cliente. Entendimento da situação atual dos negócios, dos problemas de operação e do funcionamento do processo;
- definir: consiste na identificação dos problemas e das situações a melhorar, de acordo com uma análise custo-benefício, segundo a visão do cliente. Em outras palavras, identificar o que é crítico para a qualidade (CTQ), isto é, identificar o que é prioritário e o que agrega mais valor para o cliente e para a organização. Em alguns métodos, esta etapa é tratada como “identificar” ou “priorizar”. As técnicas mais utilizadas são o *Brainstorming*, a Análise dos dados internos, a Matriz de Priorização, o SIPOC, o *Quality Function Deployment* – QFD, a Análise Custo-Benefício, o BSC (ou o BITS para empresas de *software*) e o SWOT;
- medir: significa a seleção das características críticas para a qualidade (CTQs) que, juntamente com o mapeamento dos respectivos processos, indicam quais são as medições necessárias para se identificar a situação atual em termos de capacidade do

processo. Entre as técnicas mais utilizadas, estão o CEP, o cálculo de capacidade, FMEA, o SFMEA e algumas técnicas estatísticas.

- analisar: corresponde à realização de *benchmarking* das métricas principais ao desempenho do produto, pois o objetivo é saber quando, onde e porquê os defeitos ocorrem. Para tanto, entre as técnicas utilizadas, destacam-se o *Brainstorming*, o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Causa e Efeito, o FMEA, o SFMEA e algumas técnicas estatísticas.
- melhorar: é a especificação das características do produto que precisam ser melhoradas para se alcançar os objetivos de desempenho e financeiros, ou seja, tornar o processo (mais) capaz. Em outras palavras, corresponde à identificação das variáveis que melhoram a capacidade dos processos. As técnicas mais utilizadas são os planos de ação, os experimentos (DOE), os testes pilotos que podem comprovar a eficácia das alterações proporcionadas, a adoção do *Lean Thinking* e o cálculo da nova capacidade;
- controlar: significa a implementação de ações que assegurem que os problemas identificados não mais ocorram, bem como de ações voltadas para um monitoramento contínuo (documentação e divulgação) do processo. Às vezes, isso pode resultar em mudanças no negócio ou práticas operacionais inovadoras. Para tanto, utilizam-se basicamente os gráficos de controle por variáveis e por atributos, assim como o *benchmarking*;
- padronizar: corresponde ao alinhamento dos vários projetos com a estratégia do negócio, assim como a garantia de que as melhorias obtidas possam ser replicadas em outros processos (aprendizagem organizacional);
- integrar: melhoria da gestão da organização, com base nas boas práticas aprendidas nos projetos, aplicadas no planejamento estratégico, nas políticas empresariais e nos processos de uma forma geral.

De acordo com o entendimento de Harry e Schroeder (2000), a implementação de projetos Seis Sigma deve corresponder a uma ruptura com o que vem sendo praticado. Por esta razão, o método apresentado pelos autores, o *Breakthrough Strategy*, é abrangente o suficiente para contemplar a mudança de visão.

A Quadro 2-4 ilustra este método.

Quadro 2-4 Estratégia de ruptura

(fonte: HARRY e SCHROEDER, 2000)

Estágio	Fase	Objetivo	
Identificação	Reconhecer	Identificar os pontos-chave	
	Definir		
Caracterização	Medir Analisar	Entender os níveis atuais de desempenho	Foco dos especialistas em Seis Sigma
Otimização	Melhorar Controlar	Alcançar melhoria contínua	
Institucionalização	Padronizar Integrar	Transformar a forma de condução dos negócios	Método DMAIC

2.5.10 Técnicas utilizadas na implantação do Seis Sigma

Segundo Snee (2000), o Seis Sigma faz uso de diversos instrumentos, técnicas e ferramentas para a implementação dos projetos. O uso combinado de diferentes instrumentos faz com que a organização desenvolva um vocabulário de métricas uniforme e intensifique a necessidade de entender e reduzir variações, em vez de somente estimá-las. A profusão de técnicas salienta uma abordagem baseada em dados para o gerenciamento, e não apenas instrumentos empíricos, como sentimentos, experiência ou intuição. Segundo Montgomery (1990), os diversos instrumentos produzem informações sobre o impacto das ocorrências e das mudanças em um determinado instante (estática) e ao longo do tempo (dinâmica). Eles podem ser utilizados para análise e controle dos processos.

Por estas e outras razões é que, no Seis Sigma, trabalha-se com os fatos ocorridos e registrados durante os processos de trabalho. Coletam-se evidências desses fatos, que são processados e apresentados estatisticamente. Isto faz com que a (quase) totalidade do problema, bem como a variabilidade sejam analisadas, tornando a interpretação objetiva e robusta.

O Quadro 2-5 apresenta as principais técnicas utilizadas na implementação do Seis Sigma.

Esta lista não esgota todas as possibilidades. Maiores detalhes sobre algumas delas encontram-se nos anexos 9 a 13.

Quadro 2-5 Principais técnicas utilizadas na implantação do Seis Sigma

(fonte: o autor)

Técnica	Comentários
Dados internos	Definição de estratégias empresariais e objetivos
<i>Brainstorming</i>	Verificação de outros casos de sucesso
Matriz de priorização	Identificação das variáveis críticas
SIPOC	Mapeamento dos elementos do projeto de melhoria (entradas e seus fornecedores, saídas e seus clientes e processo)
<i>Quality Function Deployment</i> (QFD)	Priorização dos processos críticos, considerando os requisitos dos clientes, a administração da organização, a concorrência e as restrições internas
Análise Custo-Benefício	Análise dos custos e da rentabilidade de cada projeto; ênfase nos custos da qualidade (prevenção, avaliação e falhas)
Balanced IT Scorecard (BITS)	Variação do <i>Balanced Scorecard</i> (BSC) para empresas desenvolvedoras de <i>software</i> , elaborado pelo <i>European Software Institute</i> (ESI, 1999). Acompanhamento de metas x resultados nas dimensões: financeira, clientes, processos, aprendizado, inovação e infra-estrutura tecnológica
SWOT	Identificação do ambiente interno – pontos fortes (<i>strengths</i>) e fracos (<i>weaknesses</i>) – e do ambiente externo - oportunidades (<i>opportunities</i>) e ameaças (<i>threats</i>)
Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	São aqueles que se satisfeitos, asseguram o desempenho competitivo bem sucedido para a organização
Alinhamento estratégico	Adequação dos processos operacionais aos objetivos empresariais e às estratégias de negócio.
FMEA	Análise de falhas e seus efeitos, priorização das ações em função da frequência de ocorrência, gravidade (severidade), urgência e possibilidade de detecção.
SFMEA	FMEA aplicado aos serviços onde é notória a presença e contato direto com o cliente
Técnicas estatísticas de medição	Estatística descritiva: medidas de concentração e dispersão, acurácia e precisão dos valores, margem de erro entre outras
Técnicas estatísticas de análise	Teste de hipóteses, análise de variância, correlação, regressão entre outras.
CEP	Acompanhamento de resultados quantitativos do processo
Cálculo de Capacidade do processo	Capacidade do processo em atender os requisitos dentro das especificações
Diagrama de Pareto	Priorização das variáveis mais importantes de um problema
Diagrama de Causa-Efeito	Identificação das causas que implicam em uma determinada situação

Técnica	Comentários
Planos de ação	Oficialização dos procedimentos de mudança
<i>Lean Thinking</i>	Aplicação dos conceitos do Sistema Toyota de Produção
Delineamento de experimentos	Simulações de novos processos
Cálculo da nova capacidade	Estipulação da nova capacidade do processo

Snee (2000), por sua vez, sugere que cada organização inclua o seu próprio conjunto de instrumentos, de modo a facilitar a adoção do Seis Sigma.

Os anexos 9 a 14 apresentam maiores detalhes sobre algumas das técnicas identificadas acima.

2.5.11 Benefícios

Segundo Harry (1998), o Seis Sigma proporciona a geração de um sucesso sustentado, pois desenvolve as habilidades e a cultura necessárias para uma revitalização constante nas empresas com vistas a levantar a lucratividade, aumentar a participação no mercado e melhorar a satisfação do cliente. Ele permite a determinação e o acompanhamento de metas de desempenho e, com isso, possibilita fazer com que o nível de desempenho se aproxime da perfeição. A filosofia do Seis Sigma promove a aprendizagem, em virtude de aumentar o desenvolvimento e acelerar o compartilhamento de idéias inéditas dentro das empresas. Ainda, para Harry e Schroeder (2000), a sua execução desencadeia mudanças estratégicas, pois a sua incorporação possibilita a compreensão detalhada dos processos e procedimentos das empresas, oferecendo, assim, a capacidade da implementação de simples ajustes a complexas mudanças. Defeo (1999) entende que se os princípios do Seis Sigma forem entendidos e praticados corretamente, os benefícios podem se multiplicar rapidamente. Entre estes, menciona: motivação dos funcionários, orgulho, promoções, desenvolvimento profissional, aumento de produtividade e lucro.

Para Hoerl (1998), mais importante que a definição técnica é o conceito do Seis Sigma como

um meio quantitativo e disciplinado para a melhoria dos processos e seleção dos projetos que mais agregam valor aos clientes e à organização.

Blakeslee (1999) apresenta alguns princípios que precisam ser observados na implementação de projetos Seis Sigma para que eles sejam considerados projetos bem sucedidos:

- os projetos devem ser conduzidos por líderes com “pulso”;
- os esforços devem estar integrados com as iniciativas já existentes, com a estratégia do negócio e com as medidas de desempenho;
- os esforços devem ser suportados por uma organização de processo de pensamento, isto é, deve haver um claro e consistente conhecimento do negócio. Em outras palavras, os resultados devem ser aquilo que os clientes esperam dele;
- os clientes, assim como os processos, devem ser disciplinados;
- os projetos devem produzir economias ou receitas reais.

Snee (2000) evidencia a importância do Seis Sigma, identificando alguns aspectos não enfatizados em outras metodologias. São eles:

- definição clara de sucesso;
- foco no resultado dos negócios segundo a visão dos clientes;
- integração dos elementos humanos;
- criação de uma infra-estrutura adequada e capacitada;
- ação em processos de melhoria segundo uma visão projetizada;
- término rápido de projetos;
- uso eclético de diversas técnicas e ferramentas de forma combinada e sequenciada;
- profunda abordagem estatística.

2.5.12 Restrições

Hutchins (2001) entende que o TQM traz mais flexibilidade quanto à participação dos

gestores do que no caso do Seis Sigma.

Ainda persiste a idéia de que esse tipo de processo não permite um controle quantitativo e de que seria impossível a adoção de uma metodologia como o Seis Sigma, como observa Biehl (2004).

Blakeslee (1999) detalha um pouco mais as restrições. Para o autor, os principais aspectos que podem dificultar a utilização da metodologia Seis Sigma são, entre outros, os seguintes: necessidades de múltiplos clientes; fragmentação do mercado; diversas oportunidades de defeitos em um mesmo produto ou serviço; múltiplos níveis de processo; e distribuições estatísticas não normais.

Além disso, deve-se considerar a resistência natural das pessoas a qualquer tipo de mudança nas empresas. Segundo Senge (1994), em qualquer organização existem três categorias de pessoas: a primeira inclui aqueles que incentivam as mudanças e que, por isso, devem ser estimulados para se tornarem os multiplicadores naturais; a segunda, formada pela maioria das pessoas, é cautelosa, os quais só mudam se forem apoiados e estimulados; a terceira categoria é formada pelos pessimistas e negativistas, que sempre resistem a tudo.

Hammer (2002) acrescenta ainda a desvantagem de que os projetos Seis Sigma têm uma amplitude limitada ao contexto onde foram implementados, o que dificultaria sua disseminação para outros projetos.

2.6 Processos de *software*

Spinola (1999), ao comentar a definição de *software*, enfatiza a falta de clareza na literatura quanto a esta definição e atribui grande parte desta imprecisão à dificuldade de se identificar as suas características próprias. No entanto, destaca a importância de duas referências neste terreno:

- Pressman (2005), que cita três características presentes no *software*: conjunto de instruções (programas de computador) que produzem a função esperada de acordo com um desempenho esperado, estruturas de dados capazes de permitir o manuseio adequado dos dados e um conjunto de documentos (não computacionais) que descrevem a operação dos programas computacionais.
- normas sobre qualidade da série NBR ISO 9000-3: 2000 (ABNT, 2000), que expandem a definição de *software* ao fazer uma vinculação deste a uma criação intelectual, incluindo a produção de documentos de suporte aos procedimentos e regras².

Pfleeger (2004) entende que, com o aumento da quantidade de *software* no mundo, houve também um aumento no uso de ferramentas que facilitam o trabalho de desenvolvimento (por exemplo, ferramentas *Computer Aided Software Engineering* – CASE). Por esta razão, a criatividade é um aspecto passível de controle como as demais características do desenvolvimento de *software*. Para a autora, os processos de *software* podem ser estruturados e organizados, pois:

- utilizam recursos sujeitos a um conjunto de restrições;
- geram produtos intermediários (*work-products*) e finais (*deliverable*);
- podem ser decompostos em atividades menores segundo uma estrutura hierárquica;
- permitem que sejam estabelecidos critérios de entrada e saída, de modo a se saber quando o processo começa ou termina.

A autora acrescenta ainda o conceito de *ciclo de vida* do *software*, que se inicia quando surge a necessidade por parte do cliente e só se encerra quando o *software* deixa de ser utilizado. Este ciclo de vida contém um ciclo de desenvolvimento inicial e tantos outros de manutenção quantos forem necessários. Este conceito está esquematizado na Figura 2-15.

² A vinculação de criação intelectual e artesanal ao desenvolvimento de *software* já era enfatizada na década de 70, sendo que diversos autores concordavam com a impossibilidade de controle desta atividade. DeMarco (1989), Page-Jones (1990) e Yourdon (1997) utilizam, inclusive, o termo “crise do *software*” ao se referirem a esta questão.

Figura 2-15 Ciclo de vida de *software* x desenvolvimento

(fonte: adaptado de PFLEEGER, 2004)

Paulk *et al.* (1997) adotam o conceito de processos de *software* de acordo com o *Software Engineering Institute* (SEI), segundo o qual, tais processos são conjuntos de atividades, métodos e práticas empregados pelos desenvolvedores para construir e manter os produtos de *software*, inclusive aqueles necessários ao bom uso destes, bem como as atividades que garantem que o mesmo tenha sido desenvolvido de forma controlada.

Rocha *et al.* (2001), constatarem que a Engenharia de *Software* registra diversos modelos e métodos de desenvolvimento de *software* e, por isso, é necessário que cada organização adote um modelo e um método apropriado a sua realidade.

Os autores enfatizam a importância de um modelo de uso geral, para que se possa estabelecer uma linguagem comum e, ainda, levantarem-se *benchmarks* entre as organizações. Desta forma, eles recomendam os conceitos expressos pela norma NBR ISO/IEC 12.207:1998, cuja arquitetura é indicada na [Figura 2-16](#).

Excluído: Figura 2-16

De acordo com Poppendieck (2001), o modelo expresso na referida norma representa o modelo convencional ou clássico. No entanto, com a popularização dos recursos de TI e das formas de se gerar *software*, nota-se que existe uma participação crescente do desenvolvimento Ágil. Inicialmente, segundo a autora, o desenvolvimento Ágil representava o movimento de geração marginal de *software*, produtos desenvolvidos para ambiente WEB

que não tinham preocupações empresariais. Reifer (2002) acrescenta ainda que os produtos de *software*, desenvolvidos segundo este modelo, não tinha o objetivo de ser utilizado por muito tempo, até quem o desenvolvia não tinha a preocupação metodológica em dar manutenção a esses produtos. A partir do momento que as organizações o perceberam como uma alternativa de custo muito baixo, incentivaram este tipo de produção de *software* e, com isso, criando oportunidade para que se o faça de acordo com uma metodologia.

Adotar a norma NBR ISO/IEC 12.207:1998 como base não significa a exclusão do desenvolvimento Ágil, nem tampouco significa recusa dos seus processos de trabalho. Apenas traduz a preocupação acadêmica de ancorar-se os conceitos segundo um modelo que vem sendo praticado há mais tempo e ter-se transformado em uma norma de respeitabilidade mundial (ROCHA *et al.*, 2001) (STANDISH GROUP INTERNATIONAL, 1999, 2001, 2003).

Figura 2-16 Estrutura da norma NBR ISO / IEC 12.207:1998

Os processos contemplados na norma determinam as responsabilidades de cada um dos participantes (*stakeholders*) do processo de desenvolvimento de *software*, conforme mostra o Quadro 2-6.

Quadro 2-6 Processos de *software* x responsabilidades

(fonte: NBR ISO/IEC 12.207:1998)

Processos	Responsável (<i>stakeholder</i>)
Aquisição	Adquirente
Fornecimento	fornecedor, fabricante, instalador ou integrador
desenvolvimento	fabricante, desenvolvedor
operação	operador, suporte operacional aos usuários
Manutenção	mantenedor, desenvolvedor

Face aos propósitos desta dissertação, os processos de desenvolvimento de *software* que apresentam maior interesse, segundo Pfleeger (2004), são os seguintes:

- requisitos: descrição das necessidades do usuário, transformação em especificações funcionais e não funcionais e determinação dos vários componentes do *software* a ser desenvolvido: escopo, entidades envolvidas, funcionalidades, padrões de usabilidade e regras de aceitação;
- projeto: estruturação da forma com a qual o *software* estará resolvendo cada uma das especificações formuladas, contemplando o código computacional (artefatos), o tratamento de dados e a interface homem-máquina;
- codificação: transformação das especificações em linguagem computacional, criando os artefatos especificados no projeto;
- testes: eliminação dos erros e falhas encontrados no código e no conjunto do *software* em que cada artefato estará presente. Os testes envolvem as atividades de validação (presença de todos os requisitos) e verificação (funcionamento correto de cada componente);
- integração: adequação de todos os novos artefatos no conjunto do *software*, garantindo o perfeito funcionamento. Assim como o teste, a integração envolve a validação e a verificação de todos os requisitos;
- instalação: disponibilização do *software* no ambiente produtivo junto ao usuário;

- aceitação: manifestação do grau de satisfação do cliente com o *software*;
- manutenção: correção dos erros surgidos após a entrega para o usuário.

De acordo com Pfleeger (2004), o *software* é ao mesmo tempo um produto e um serviço entregue para uso pelo cliente desde o seu desenvolvimento até o fim do ciclo de vida. Slack *et al.* (1999) corroboram com este pensamento ao colocarem que o *software* não pode ser classificado como um bem nem como um serviço, pois contém características de ambos os tipos de produção.

Sob o ponto de vista de *produto*, a intensidade do uso depende da sua atualidade em atender a contento as demandas de trabalho do cliente que justificaram o seu desenvolvimento; por esta razão, é um produto que deve ser permanentemente sofrendo manutenções. Além disso, a sua operacionalidade é extremamente sensível à sua disponibilidade, isto é, operação sem falhas.

Sob o ponto de vista de *serviço*, a expectativa do cliente é que o desenvolvedor esteja disponível sempre que for registrada uma ocorrência acidental (uma falha de operação) ou uma necessidade de adaptação às necessidades de trabalho.

Por ser um produto, é necessário que se analisem as características do processo produtivo; por ser um serviço, é também necessário que se identifiquem as características da prestação de serviço.

2.6.1 Sistema de produção

O conceito de que a atividade de desenvolvimento de *software* pode ser entendida como uma atividade fabril vem sendo trabalhado há bastante tempo e permite que se analise a questão sob diversos pontos de vista.

De acordo com o escopo desta dissertação, interessa trabalhar este conceito sob a ótica da organização da fábrica, o produto e do agrupamento de processos.

Sob o foco de *produto*, o desenvolvimento de *software* apresenta características marcantes de uma produção do tipo *jobbing* (um-a-um ou *one-off*), de acordo com a taxonomia especificada por Hill (1993):

- a produção é baseada em uma lista de requisitos de um ou mais clientes, cujos objetivos podem ser distintos e até mesmo antagônicos;
- um projeto de alta qualidade determina um *software* robusto, contudo o produto está sujeito a conter diversos defeitos embutidos durante a sua construção;
- em um *software* é possível a inserção de componentes desenvolvidos originalmente para outras finalidades, tendo em vista a possibilidade de reuso e adaptação;
- os produtos de *software* não apresentam desgastes físicos com o uso, mas estão sujeitos ao abandono, caso não contenham funcionalidades que se fazem presentes pela necessidade de trabalho dos seus usuários;

Em segundo lugar, sob o foco *organizacional*, o desenvolvimento de *software*:

- apresenta a possibilidade do estabelecimento de uma escalabilidade produtiva de *software* para atender à demanda inconstante (CUSUMANO, 1992);
- pode produzir componentes para posterior montagem (BASILI *et al.*, 1992);
- permite o entendimento de uma “fábrica de *software*” como sendo uma organização que provê serviços de desenvolvimento de *software* com alta qualidade, a baixo custo e de forma rápida, utilizando um processo bem definido, flexível e reutilizável, tecnologia de ponta adequada ao padrão de desenvolvimento, reuso de código, além de algumas formas de *feedback* para o andamento da atividade (AAEN *et al.*, 1997).

Sob o ponto de vista de agrupamento de processos, Fernandes e Teixeira (2004) reúnem as atividades de desenvolvimento de *software* em três categorias:

- projeto de desenvolvimento, que segue todo o ciclo de vida do *software* até a sua entrega para o cliente;
- processos de manutenção de *software*, que ocorrem na medida em que o cliente requer a adequação da operacionalidade do *software* por força de correção de algum erro,

adaptação de alguma funcionalidade ou por evolução devido à incorporação de novas funcionalidades;

- trabalhos de programação (eventualmente também testes), que são realizados a partir de um projeto de especificação de programas.

Em relação à melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*, não existe um consenso na literatura.

Pfleeger (2004), Pressman (2005), assim como outros pesquisadores da área de Engenharia de *Software* entendem que alguns processos, como a codificação e a execução de testes, apresentam maiores condições de controle e melhoria, não obstante a forte presença da criatividade e de forma artesanal de desenvolvimento. Outros processos, como a elicitación de requisitos, não apresentam boas condições de melhoria, uma vez que neles é marcante a presença e a participação do usuário e isso se constitui numa variável fora de controle por parte do desenvolvedor.

Poppendieck e Poppendieck (2003) interpretam as metodologias ágeis como as mais adequadas aos novos paradigmas do desenvolvimento de *software* (componentização, orientação a objetos, *software* livre etc.) e, somando os princípios da produção “enxuta”, entendem que é possível reduzir atividades de desenvolvimento, mas que existe uma correlação muito forte entre disciplina e velocidade. Para os autores, a prática das metodologias ágeis seria um caminho “facilitador” para a implementação da filosofia Seis Sigma no desenvolvimento de *software*. Os autores entendem também que o Seis Sigma oferece amplas possibilidades para as organizações de *software* e deve ser implementado com o propósito de melhorar o fluxo e a velocidade da execução das atividades e, em relação aos clientes, garantir o atendimento com qualidade.

2.6.2 Características de Serviços

Outro conceito tratado nos referenciais teóricos diz respeito às características das atividades

de serviço. Neste contexto, Correa e Caon (2002) fazem considerações a respeito de três características presentes na prestação de serviço, que se aplicam sem restrição aos processos de *software*: o valor para o cliente, o ambiente de trabalho e o momento da verdade.

Pacote de valor

No caso do desenvolvimento de *software*, o serviço é constituído por uma certa quantidade de bem físico (o *software* propriamente dito) e por um conjunto de serviços (levantamento de necessidades, instalação, treinamento, atendimento etc.), os quais formam a base para a percepção que o cliente tem a respeito do *software* que recebe e usa. Fazem parte da entrega (*deliverable*) de um *software*:

- o *software* propriamente dito, composto pelo programa computacional, a documentação e as instruções de uso;
- as instalações de apoio e os recursos físicos que devem estar disponíveis para prestar o serviço;
- os serviços explícitos contidos no *software*, que formam o conjunto das características funcionais ou intrínsecas do *software*;
- os serviços implícitos, que são os benefícios psicológicos que o cliente pode perceber, também chamados de características extrínsecas dos serviços.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) afirmam que o valor é entendido pelo cliente como um conjunto único e não através de partes identificáveis, como é a visão dos desenvolvedores. Com vistas ao Seis Sigma, este conceito é importante para a definição das CTQs para o cliente, pois ele considera como direcionadores de sua decisão: o escopo do trabalho, a qualidade, e o custo da aquisição do serviço pelo fornecedor (por exemplo, terceirização). Além disso, continuam os autores, este conceito de “pacote de valor” pode contribuir para o cálculo da capacidade dos processos para alguma característica discreta, como por exemplo, defeitos. Identificar todas as oportunidades de defeito nos diversos processos de *software* requer esforço constante, pois sempre existe a possibilidade de aparecer uma nova

oportunidade de defeito.

Já Heskett *et al.* (1997), definem que o valor para o cliente pode ser explicado através da Fórmula 2-2:

$$\text{Valor} = \frac{\text{resultados gerados para o cliente} + \text{qualidade do processo}}{\text{preço para o cliente} + \text{custo de aquisição do serviço pelo fornecedor}}$$

Fórmula 2-2 Valor para o cliente

Infantini (2005) propõe calcular a capacidade dos processos de *software* através de alguma das características importantes para o cliente, que entram na composição do cálculo do valor, conforme a Fórmula 2-2, em vez de calcular apenas a capacidade de não inserção de defeitos (cálculo de capacidade a partir de dados discretos, apresentados no Anexo 4).

Ambiente de trabalho

Corrêa e Caon (2002) analisam que, quando se considera a presença do cliente na execução dos serviços, as atividades são executadas em dois ambientes, na linha de frente (*front office*) – maior contato e proximidade com o cliente – ou na retaguarda (*back office*) – menor contato e proximidade com o cliente.

Linha de frente

Gianese e Corrêa (1994) afirmam que os itens mais importantes das atividades de linha de frente são: o alto contato com o cliente, maior incerteza quanto ao resultado do trabalho que está sendo feito, variação muito grande no que é solicitado pelo cliente e a dificuldade de controle do planejamento do tempo de realização. Por esta razão, na composição da satisfação do cliente com o sucesso dos negócios, aqueles itens devem ser tratados pormenorizadamente.

Parasuramam *et al.* (1990) reforçam a importância da presença física do cliente nos trabalhos realizados na linha de frente. Muitas vezes, isso se torna um fator de dificuldade para o desenvolvedor, que se vê controlado “o tempo todo” pelo cliente. Para realizar estas tarefas,

os executores do trabalho devem desenvolver a capacidade de serem flexíveis e decidir rapidamente. Para isso, devem ter um certo grau de autonomia.

De uma maneira geral, os autores concordam que, neste terreno, existe menos oportunidade de controle, pois se trabalha com a variável “cliente” e nem sempre se tem controle sobre ela.

Seja como for, este ambiente é, por outro lado, extremamente importante para sem colher informações privilegiadas do cliente sobre os trabalhos feitos na retaguarda.

Retaguarda

Estas atividades da retaguarda são caracterizadas por maior previsibilidade, menor variabilidade e menor incerteza. Apresenta maior similaridade com a operação de uma manufatura e menos oportunidades para ocorrência de erros e maior eficiência no uso dos recursos. Perez-Wilson (1999) entende que, por ser uma atividade mais estável, existe mais oportunidade para coleta de dados sobre o andamento dos trabalhos do que nos trabalhos na linha de frente, propiciando mais facilidade para a implementação de projetos Seis Sigma.

Momento da verdade

O momento da verdade é definido por Collier e Meyer (1998) como o momento em que há uma interação mais direta e intensa entre cliente e fornecedor. É o momento que mais influencia o julgamento do cliente sobre o valor do serviço como um todo e, portanto, exige uma maior qualificação e preparação dos envolvidos.

É comum que na linha de frente exista uma demanda maior de infra-estrutura como instalações, processos, equipamentos, preparativos e informações.

Outras considerações

Parasuramam *et al.* (1990) entendem que a intangibilidade dos serviços torna as decisões mais subjetivas. Além disso, destacam a questão do momento da realização do serviço e seu efetivo consumo, que, em alguns casos, é exatamente o mesmo. Isso chega a causar a impressão ao cliente de que o trabalho nunca termina e de que também os resultados positivos só acontecem

com a presença do executor.

Rotondaro (2002b) observa também que as ações corretivas, de uma maneira geral, só podem ser aplicadas após a ocorrência de um erro. No caso de *serviço*, muitas vezes não fica claro qual é efetivamente o trabalho que está sendo feito, se é algum novo componente ou se é correção de algo que apresentou erro ou defeito.

Com relação a este assunto, Téboul (1999) *apud* Infantini (2005) identifica alguns pontos importantes:

- a interação deve ser boa na primeira oportunidade, pois a recuperação pode custar muito caro ou ser impossível de ocorrer;
- o momento é influenciado pela interação cliente-fornecedor, cliente-ambiente, cliente-processo e cliente-cliente;
- os clientes exigem não somente o “que”, mas também o “como” é feito o serviço (note-se a exigência por modelos de maturidade de processo);
- a qualidade é definida pelo cliente, que, por ser único, tem expectativas, idéias e sugestões próprias, podendo colaborar ou não com o prestador de serviços.

Com relação aos esforços do Seis Sigma, o momento da verdade é essencial para tratar os custos da qualidade e estabelecer a satisfação dos clientes. Os projetos podem ser selecionados para a melhoria do relacionamento com o cliente.

Voas e Friedman (1995) entendem que a possibilidade de uso da metodologia do Seis Sigma para o desenvolvimento de *software* está condicionada à possibilidade da transparência da confiabilidade dos usuários.

Quanto à variação dos resultados dos processos baseados na operação de máquinas, normalmente é devida à causas comuns. Nos processos com intensa participação humana, existem muito mais causas especiais, praticamente sem condições de controle: motivação ou a ausência dele, causada pela vitória ou derrota do time favorito, ânimo diferenciado no período

da Copa do Mundo etc. A variabilidade não pode ser eliminada, mas pode ser trazida para uma situação de controle.

2.7 Problemas no desenvolvimento de *software*

A norma NBR ISO/IEC 9126-1 (2003) destaca que a correta operação de um *software* e a confiabilidade que o usuário deposita na sua utilização são críticas no que diz respeito à obtenção de qualidade necessária e suficiente para atingir as reais necessidades dos seus usuários. A probabilidade que um *software* tem de desempenhar sua missão sob as condições definidas e para o período de tempo previsto são elementos-chave para que se possa caracterizar a sua qualidade, eficácia e eficiência em relação aos recursos utilizados. Se um programa deixar de funcionar repetidamente, pouco importa se outros fatores de qualidade de *software* são aceitáveis.

Para Ewusi-Mensah (2003), a incapacidade de execução de um *software* é percebida pelo grau de risco decorrente do não funcionamento, pelo impacto provocado no trabalho do seu usuário e pelo grau de intensidade, que pode variar desde “com falha mas utilizável” até “totalmente inutilizável”.

2.7.1 Histórico

Pressman (2005) mostra que Engenharia de *Software*, desde a década de 1960, tem se preocupado com os problemas gerados no desenvolvimento de *software*, que ocorrem de forma recorrente e envolvem o processo de desenvolvimento, o produto de *software* e as informações produzidas. A literatura tem registrado permanentemente as não conformidades de *software*, popularizando situações que ficaram conhecidas como “a crise do *software*” ou “uma aflição crônica”. Alguns autores não concordam com o termo “crise”, uma vez que ele define um ponto decisivo e específico, o que não acontece com o *software*. O termo “crônico” enseja uma definição mais adequada, uma vez que os problemas em *software* ocorrem de

forma recorrente ou, então, continuam indefinidamente.

Paralelamente, diversas pesquisas tem sido realizadas com o intuito de medir os resultados dos projetos de desenvolvimento de *software* quanto ao prazo, custo e qualidade e também o impacto que causam nos negócios em que o *software* é aplicado:

- uma das mais antigas e respeitáveis pesquisas foi divulgada pelo Standish Group's "Chaos Report" (1995), indicando que 31% dos projetos de *software* eram cancelados antes do término e mais da metade deles excediam em 189% as estimativas originais;
- em 2001, Basili e Bohem (2001), na Universidade de Maryland, comandaram outra pesquisa com aproximadamente 2500 projetos de *softwares* COTS, revelando que: (a) mais da metade das funcionalidades implementadas não são utilizadas, o que responde por uma perda de eficiência operacional dos usuários em cerca de 40%; (b) cerca de 70% requer uma nova versão a cada 8 a 9 meses; (c) em 70% dos casos analisados, os custos de manutenção se equiparam (ou tendem a se equiparar) ao custo de desenvolvimento inicial; (d) o valor do esforço de desenvolvimento e manutenção equivale ao "quadrado" do esforço para o desenvolvimento inicial.
- Molokken e Jorgesen (2003) mostram os números de uma pesquisa apresentada no ISESE 2003 (*International Symposium on Empirical Software Engineering*), segundo a qual na Noruega, 60% a 80% dos projetos de *software* excedem as estimativas de prazo e custo (Molokken e Jorgensen, 2003).

2.7.2 Conceituação

A Engenharia de *Software* tem utilizado os conceitos de problemas ou de não conformidades de *software* de acordo com uma taxonomia consistente com o IEEE Standard 729 (IEEE, 1983). Fenton e Pfleeger (1997), comentam este padrão da seguinte forma:

- uma falta (*fault*) ocorre quando um erro humano resulta em um engano em algum produto do desenvolvimento de *software*, podendo gerar uma falha;
- uma falha (*failure*) se caracteriza pela incapacidade ou término da capacidade de o *software* executar uma função requerida, dentro das condições estabelecidas e são problemas percebidos pelos usuários. Corresponde também ao primeiro sintoma de uma não conformidade. Nem todas as falhas resultam de falta presente no *software*,

pois podem estar relacionadas também com o ambiente onde o *software* é executado. A possibilidade de se relacionar uma mesma falha a mais de uma causa impede que se identifiquem e se retirem de um *software* todas as possibilidades de falha.

Além desses termos, a literatura registra uma multiplicidade de outros termos relacionados com os problemas em *software*, o que enseja que cada organização adote uma terminologia própria. Alguns desses termos são (Fenton e Pfleeger, 1997):

- uma anomalia (*anomaly*) é uma categoria de falta de baixa importância e impacto (um desvio do usual) que pode contribuir, mas não necessariamente, para a ocorrência de uma falha.
- um erro (*error*) é uma divergência entre o resultado produzido e o resultado esperado. Para sua constatação, é necessário um processo de conferência do resultado produzido com o resultado esperado;
- um defeito (*defect*) são passos, procedimentos, definições de dados e/ou instruções incorretos presentes nos programas computacionais ou nos demais produtos de trabalho do desenvolvimento do *software*, que provocam os erros ou as falhas. Eles apresentam as seguintes variedades: *bugs* – faltas que não “abortam” a execução do *software*; *crashes*, faltas graves que “abortam” a execução. Para tanto, é necessário um processo de investigação técnica de modo a que sejam localizados os pontos específicos de defeitos;
- a inspeção (*inspection*) é o processo de identificação do defeito e dos itens defeituosos;
- os itens defeituosos (*defect item*) são os componentes de *software* que apresentam defeitos.

A Figura 2-17 mostra a distribuição das situações normais ao longo do tempo.

Figura 2-17 Distribuição das situações normais e de não conformidade no tempo

(fonte: Ewusi-Mensah, 2003).

Uma não-conformidade se caracteriza pela constatação de uma falha ou de um erro, que exige um processo de inspeção, para se seja identificado o defeito e, que se encerra com a correção do defeito.

De acordo com Murugappan e Keeni (2003), as não conformidades estão relacionadas com a qualidade ou com os recursos empregados no *software*. A qualidade (benefícios proporcionados) do *software* determina os limites de especificação de funcionamento, enquanto os recursos empregados (tempo, desenvolvedores, finanças, ferramentas e outros) estabelecem os limites de controle, ou sejam, as restrições de desenvolvimento e de operação.

Os motivos para que tenham sido introduzidos defeitos em um *software* são múltiplos, contudo, como assinalam Thomas *et.al.* (1996), a principal causa é o erro humano, uma vez que *software* é resultado da iteração e interação de idéias de uma ou mais pessoas.

O Quadro 2-7 mostra os valores da métrica de “total dos motivos de falhas” da Boeing em 1997, considerando um conjunto de 600 projetos de desenvolvimento de *software* (aplicativos administrativos, *software* embarcado e *software* de apoio), retratando o trabalho de aproximadamente 1200 programadores.

Quadro 2-7 Distribuição dos motivos das falhas

(fonte: Kan, 2002)

Motivo de falhas	Distribuição percentual
Humanos	57 %
Técnicos	13 %
Padrões	13 %
Sistemas	10 %
Ambiente	4 %
Outros	3 %

Paulk *et al.* (1997) adotam o conceito de processos de *software* de acordo com o *Software Engineering Institute* (SEI), segundo o qual, tais processos são conjuntos de atividades, métodos e práticas empregados pelos desenvolvedores para construir e manter os produtos de *software*, inclusive aqueles necessários ao bom uso destes, bem como as atividades que garantem que o mesmo tenha sido desenvolvido de forma controlada.

Quando uma organização está implementando um modelo de qualidade ou um modelo de maturidade, os pontos de falha costumam se mostrar de uma maneira mais clara e evidente, uma vez que a situação ideal ou desejada passa a ser mais frequentemente discutida pelas pessoas envolvidas, verificam Fenton e Pfleeger (1997).

Desta forma, um ponto de falha é qualquer situação em que o resultado (*goal*) não é atingido e a falha em si pode ser analisada segundo o seu impacto no resultado, que pode variar desde a influência nula até uma influência decisiva (*weakness*). Além disso, esclarece Jones (1996), a ênfase na situação desejada permite ainda identificar se uma determinada oportunidade de falha ainda não ocorreu (“*not there yet*”) ou se já foi executada, mas ainda não na quantidade de vezes necessária.

2.7.3 Fonte e características dos problemas

Diversos autores discutem sobre quais seriam as fontes das falhas (Brooks, 1987) (DeMarco, 2003) (Gilb, 1990) (Kan, 2002) (VanDoren, 2004). Para eles, as falhas se localizam em todos

os elementos que participam da construção e da utilização de um *software*. Os elementos mais visíveis são os seguintes:

- organização: é constituída pelo meio sócio-econômico que desenvolve e/ou utiliza o *software* e que imprime a este a política interna, a cultura, os relacionamentos, a estrutura de poder e as suas imperfeições;
- destinatários: é a comunidade que faz uso do *software* e é formada pelos patrocinadores, usuários e demais interessados;
- desenvolvedores: é a comunidade encarregada de conceber, construir e manter o *software* (recursos humanos);
- processo de desenvolvimento: são as atividades, tarefas, procedimentos, padrões, normas, práticas e produtos intermediários relacionados com o desenvolvimento de *software*;
- gerenciamento: são as pessoas, os processos, normas, práticas, documentos e os critérios utilizados para administrar a construção e o uso do *software*;
- tecnologia: é o ambiente computacional no qual o *software* é desenvolvido;
- recursos físicos: são todos os demais implementos físicos e burocráticos utilizados no desenvolvimento de *software*;
- produto: são os produtos finais que constituem o *software*, isto é, o programa computacional, a estrutura de dados, assim como a documentação técnica e necessária para o uso adequado.

No âmbito desta dissertação, o reconhecimento dos problemas do *software* ganha importância na medida em que eles representam oportunidades para a aplicação dos projetos Seis Sigma na solução dos defeitos possíveis de serem incluídos no processo de desenvolvimento.

Segundo Fenton e Pfleeger (1997) e Ewusi-Mensah (2003), para que os problemas de *software* possam representar oportunidades de melhoria, devem conter os seguintes elementos-chave:

- localização (*location*): onde ocorreu o problema; tem a finalidade de relacionar o problema com o processo de *software* que o gerou ou, no mínimo, que o identificou;

- tempo (*timing*): quando ocorreu o problema; tem a finalidade de medir quanto tempo durou o problema e a frequência em que o mesmo tem ocorrido;
- sintoma (*symptom*): o que foi observado para se concluir que existe um problema; corresponde às indicações *ad hoc* ou categorizadas que são percebidas pelo usuário ou pelo desenvolvedor e que denotam a existência de um problema. Um problema pode ser constatado pela ausência de alguma funcionalidade que deveria estar presente ou pela presença de alguma funcionalidade que não deveria estar presente;
- resultado final (*end result*): quais conseqüências resultaram; geralmente requer uma análise mais detalhada com base em uma classificação prévia (escala nominal);
- quantidade (*count*): quantas vezes ocorreu; especifica a repetibilidade do problema, com sintomas possivelmente semelhantes;
- severidade (*severity*): quanto afetou o usuário ou o desenvolvedor; descreve quão sério foi o problema para um ou para outro e, ainda, o impacto causado em termos de custo, tempo perdido ou outra unidade de medida;
- mecanismo (*mechanism*): como ele ocorreu; descreve a seqüência das ações realizadas e das circunstâncias em que elas ocorreram, até culminar com o problema, tendo por finalidade isolar a causa-raiz do problema;
- causa (*cause*): o motivo principal e os motivos secundários, se houverem, que explicam a ocorrência do problema; corresponde à falta (*fault*) principal causadora do problema. Pelo fato de que um *software* é construído para executar uma parte de um trabalho humano, as causas de um problema podem se referir às duas situações: à situação fonte (*source*) relativa ao trabalho realizado através do *software* e à situação de execução do *software* (*trigger*) onde o problema ocorreu;
- custo (*cost*): quanto custou? O valor representa o esforço e os demais recursos despendidos para a gestão completa do problema (identificação, análise, correção e profilaxia).

Enquanto a localização, o tempo, o sintoma, o resultado, a quantidade e a severidade são identificados quando surge o problema, os demais (o mecanismo, a causa e o custo) só podem ser determinados depois de uma ação específica de correção.

2.8 O Seis Sigma na melhoria de processos de *software*

É inquestionável a sinergia entre a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software* e a melhoria no produto entregue para os usuários. Por esta razão, qualquer esforço no sentido de melhorar o processo de desenvolvimento deveria ser considerado e analisado com atenção e, tanto quanto possível, implementado.

Segundo Snee (2000), os empresários não desconhecem a relação entre ambas as melhorias, mas muitas iniciativas de melhoria não logram êxito simplesmente porque falta um fio condutor entre elas e o que efetivamente a organização ganha em termos de negócio. O segundo impasse, acrescenta Dion (1993), reside em caracterizar objetivamente o que é um processo efetivo de melhoria, sem se perder em um conjunto extenso de detalhes metodológicos que impeça à organização fazer uso dele.

Em terceiro lugar, frente a uma quantidade considerável de modelos, métodos e técnicas que proporcionam maiores níveis de qualidade, o problema torna-se escolher a melhor alternativa, ou seja, a que for a mais adequada, simples e prática, que permita ser implementada o mais rápido possível, que consuma a menor quantidade possível de recursos e que proporcione o melhor resultado (mais rapidez, maior retorno financeiro e maior agregação de valor para aos clientes).

2.8.1 A escolha pelo Seis Sigma

No contexto desta dissertação, defende-se que o Seis Sigma seja a metodologia que possa agregar mais valor à melhoria dos processos de *software*, visto que sugere uma abordagem direcionada às causas dos problemas. Tem por objetivos: resolver os problemas dos *softwares*, eliminando sistematicamente as suas causas, evidenciar a natureza das variabilidades e atingir níveis mais altos de maturidade, melhorando a capacidade dos processos de desenvolvimento.

Além de todas as considerações feitas ao longo do trabalho, pode-se reforçar a preferência por esta metodologia, alegando-se outras razões, tais como:

- diversas pesquisas demonstram que as empresas capazes de implementar o método Seis Sigma com sucesso apresentam melhor desempenho praticamente em todos os indicadores de sucesso do negócio, inclusive no aumento de vendas, retorno sobre o investimento, crescimento da oferta de emprego e aumento do valor de suas ações (PYZDEK, 2003b);
- o Seis Sigma é um método que obriga o alinhamento entre o esforço de melhoria e algum objetivo empresarial, ou, entre aqueles esforços e alguma necessidade expressa de algum cliente (HARRY, 1998);
- para a implementação do Seis Sigma, utilizam-se métodos definidos e específicos, o que restringe interpretações específicas no contexto da organização as quais, se não forem administradas adequadamente, podem gerar dúvidas, ambigüidade e erros (HARRY e SCHROEDER, 2000). Os modelos, como o CMMI, admitem que diversas práticas possam ser implementadas segundo interpretações próprias por parte da organização (CARD, 2002). Cabe a elas “convencer” adequadamente os auditores quando das avaliações;
- a melhoria nos processos é universal no contexto da organização, pois os resultados ficam evidentes através dos indicadores (SMITH, 1993); caso algum processo não atinja as metas desejadas, os resultados falam por si. Enquanto o Seis Sigma busca a melhoria de um aspecto do negócio para todos os projetos e processos, o CMMI permite que apenas alguns projetos participem de uma avaliação no processo de certificação (CHRISSIS *et al.*, 2003). Isto pode significar um risco para a organização, quando todos os processos de todos os projetos forem avaliados pelas regras do processo de certificação;
- um dos pontos iniciais do Seis Sigma é relacionar melhoria dos processos com melhoria nos negócios. Por isso, a avaliação da melhoria dos processos passa a ser feita pelos *clientes*, cuja aprovação se manifesta inequivocamente pelo volume de negócios (ZINKGRAF, 1998). A avaliação de certificação de acordo com um modelo (ISO ou CMMI) é feita por entidade de auditoria acreditada no mercado, mas não há garantia de que a certificação, por si, seja responsável pela variação no nível de negócios (PYZDEK, 2003a);

- o Seis Sigma propõe uma expansão significativa da função administrativa de controle, uma vez que as análises da situação atual e da situação desejada passam a ser feitas de forma quantitativa e, portanto, objetiva (WAXER, 2005);
- as iniciativas de melhoria no *Lean Service* têm origem na equipe de produção e, com isso, potencializam o pragmatismo e o empirismo. No Seis Sigma, as ações de melhoria são planejadas, formalizadas e realizadas por especialistas (*black belts*, *green belts* etc), que procuram maximizar as contribuições da Estatística. Muitas vezes, existem desencontros de opiniões entre quem executa o processo que apresenta alguma vulnerabilidade e o especialista em Seis Sigma acerca de algum elemento-chave do problema ou de alguma melhoria a ser realizada. Segundo Rotondaro (2002a), estes são excelentes momentos de aprendizado empresarial, pois nem sempre a teoria pode ser aplicada integralmente e nem sempre a experiência pragmática consegue resolver todos os problemas.

2.8.2 Oportunidades para projetos Seis Sigma

Até o momento, admite-se a possibilidade de utilizar a metodologia Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*. Para tanto, os projetos Seis Sigma devem expressar a melhoria proposta, através de algum dos critérios de desempenho (qualidade do produto, qualidade no trabalho, inovação, eficiência, eficácia, lucratividade ou produtividade dos recursos), propostos por Sink e Tuttle (1989) e já discutidos anteriormente.

Dadas as circunstâncias em que cada fase do processo de desenvolvimento de *software* é executada, conforme detalhado ao longo da exposição, deve-se admitir que existem fases do processo que são mais adequadas aos controles quantitativos e oferecem melhores oportunidades de medidas objetivas que outras. A princípio, as mais fortes candidatas são aquelas fases em que o trabalho é mais sistemático, mais estabilizado e mais repetitivo ou nas quais as causas de variação não são tão esparsas ou especiais ou, então, aquelas que oferecem maiores oportunidades de medidas.

Segundo Murugappan e Keeni (2000), para que seja possível melhorar um processo de desenvolvimento de *software* através do Seis Sigma, é necessário conhecer previamente as

suas variáveis mensuráveis, obter os seus valores antes e depois da melhoria (dados) e, desse modo, apurar a efetividade da melhoria (análise da informação).

Na discussão sobre os problemas do desenvolvimento de *software*, foram identificados alguns fatores que podem orientar a determinação das oportunidades de melhoria pelo Seis Sigma, constituídos pela origem dos problemas, pelos motivos e características diagnosticáveis ou mensuráveis, bem como pela sua localização.

Segundo Snee (2000), para que se justifique o início de um projeto Seis Sigma, as métricas proporcionadas pelas variáveis mensuradas do processo, além do benefício natural que proporcionam para a gestão da atividade como um todo, devem também estar alinhadas com algum objetivo do negócio ou estratégia empresarial.

De acordo com Murugappan e Keeni (2000) as oportunidades de projetos Seis Sigma podem ser determinadas por qualquer situação que contenha três fatores:

- origem: fato gerador de um projeto Seis Sigma;
- características mensuráveis: oportunidades de medida para identificar o que deve ser corrigido ou melhorado;
- localização: fase do trabalho de desenvolvimento de *software* que foi gerado ou detectado o problema ou a possibilidade de melhoria.

De acordo com Gilb (1990), ao se estruturar um processo de melhoria da qualidade dos processos de desenvolvimento de *software* devem ser considerados alguns atributos específicos. Dentre eles, o autor destaca:

- dependência: o desempenho de cada um dos atributos pode ser afetado pelo desempenho de outros atributos. Por exemplo: a quantidade de defeitos embutidos no *software* pode depender da aceleração do tempo do seu desenvolvimento;
- iteratividade: o nível de qualidade alcançado por um determinado processo de desenvolvimento tende a melhorar, sempre que seja possível aproveitar os resultados da evolução do desenvolvimento mais cedo e com maior frequência (*early-and-*

frequent delivery result). Por exemplo, a proficiência no uso de uma determinada ferramenta aumenta na medida em que se a utiliza com mais frequência;

- sensibilidade: a melhoria dos processos responde positivamente aos investimentos em qualidade até um determinado ponto, chamado de fronteira do estado da arte (*state of art border*). Por exemplo, pode-se melhorar a qualidade dos engenheiros de *software* até o ponto em que se encontra o estado da arte da tecnologia, assim como se pode reduzir a quantidade de defeitos embutidos em um *software* até o limite dos conhecimentos dos requisitos dos usuários;
- comportamento: a importância do histórico das variáveis de cada processo deve se restringir a estabelecer uma regra de comportamento. Isto significa que para cada novo projeto devem ser consideradas as condições de desenvolvimento impostas pela negociação com o cliente e pela situação atual dos recursos envolvidos;
- variabilidade: a categorização das causas de variação de acordo com a sua visibilidade é mais adequada para o desenvolvimento de *software* do que a distinção se a causa é comum ou especial.

2.8.3 Restrições devidas às características do desenvolvimento de software

Blakeslee (1999) acredita que os principais aspectos que podem dificultar a utilização da metodologia Seis Sigma nos processos de *software* são: a diversidade das exigências de diferentes clientes para a mesma funcionalidade de um *software*, as inúmeras oportunidades de defeitos em um mesmo processo de desenvolvimento e a possibilidade de distribuições estatísticas não normais dos defeitos e dos tempos empregados.

Biehl (2004) argumenta que não há sentido em tentar definir níveis de maior ou menor conformidade nos processos de *software*, tampouco definir limites superior e inferior para eles. Neste sentido, o autor afirma que não é possível exprimir com precisão quando um *software* está correto ou não. Acrescenta que nem todas as anomalias são falhas e que nem todas as falhas são causadas pela aplicação. Em muitos casos, observa o autor, a falha reside em outro sistema, na infra-estrutura, no sistema operacional ou na interface com o usuário, entre outras.

As tentativas para medir as falhas em *software* são apenas estimativas e as provas intensivas (por exaustão) podem não ser práticas, continua o autor. Para ele, a variabilidade apresentada em diversos processos do desenvolvimento de *software* poderia ser resultado de diversas causas, tais como: mudança na tecnologia não acompanhada devidamente pela equipe de desenvolvimento, degradação dos tempos de resposta do ambiente de desenvolvimento, aumento da carga nas redes de comunicação, perda de eficiência dos bancos de dados, devida ao aumento no volume de dados, etc.

2.8.4 Restrições relacionadas com a maturidade empresarial

Dornelas (2001), ao analisar as pequenas organizações, é pessimista quanto aos esforços da qualidade, uma vez que, para ele, este modelo de empresa está muito mais preocupado com a sobrevivência, investindo, por isso, a quase totalidade de seus recursos (inclusive o tempo disponível) apenas nas tarefas de produção, dando pouca ou nenhuma atenção para as atividades de controle e de melhoria de processos.

De acordo com Card (2002), este modo de pensar e agir retrata fielmente o comportamento da maior parte das empresas desenvolvedoras de *software* de pequeno e médio porte. A maior parte delas entende como desperdício os investimentos em qualidade, uma vez que eles não percebem que elas agregam valor para o produto frente a concorrência nem tampouco para o cliente, denuncia o autor. Por outro lado, ele afirma que as grandes organizações levam vantagem neste aspecto. Pelo simples fato de contar com um maior número de pessoas trabalhando no desenvolvimento de *software*, acabam tendo a oportunidade de gerar uma quantidade maior de idéias e inovações sobre o que deve ser melhorado.

Esta opinião reforça a posição de Dion (1993), que já chamava a atenção para a falta de prática do *staff* na aplicação de técnicas estatísticas, principalmente nas organizações de menor porte.

Hehn (1999), por outro lado, enfatiza o aspecto da resistência a qualquer tipo de mudança das

pessoas e enfatiza que as lideranças devem estar conscientes de que todo projeto pode ser dificultado ou até mesmo sabotado. Até mesmo um bom projeto, bem elaborado e mesmo vital para a organização pode fracassar, se as pessoas não cumprirem as suas responsabilidades. O autor indica alguns padrões de resistência e de sabotagem, que, se bem administrados pelos líderes, podem garantir a operacionalidade dos projetos: falta de entusiasmo, falta de engajamento e compromisso, centralização de decisões, estímulo à insegurança, fantasia quanto às dificuldades (tornadas maiores do que realmente são) e aplicação da técnica do jogador de pôquer (esconder as boas cartas e blefar sobre as cartas de que não dispõe).

Card (2002) também defende a hipótese de que a metodologia Seis Sigma só pode ser aplicada em organizações que tenham um alto grau de maturidade, pois quanto mais madura for uma organização, mais confiável ela se torna e se mostra para os seus clientes. Ao comentar sobre os controles e melhorias no processo e uso de dados estatísticos históricos (média e desvio-padrão), o autor incita o leitor para que perceba a diferença entre *“desenvolver em um ano mais ou menos 2 meses”*, do que *“desenvolver em 2 meses mais ou menos um ano”*.

O autor vai mais longe ainda ao estabelecer o seguinte raciocínio. O Seis Sigma nasceu no ambiente produtivo e, portanto, esta metodologia parte do princípio de que já existe um processo formal definido na organização. O processo normalmente é automatizado e todas as decisões são tomadas tendo como ponto de partida a capacidade do processo interno, em termos de quantidade possível de ser fabricada. Em outras palavras, sabe-se muito bem como fazer antes de iniciar a produção; o processo é estável, não se altera; o que varia são a quantidade de produtos a serem fabricados, o prazo, a qualidade dos materiais, as quebras de máquinas etc.

Ainda, o mesmo autor também entende que, no caso dos processos intelectuais, como no

desenvolvimento de *software*, normalmente os desenvolvedores sabem como fazê-lo e o fazem cada qual a seu modo, na forma como aprenderam. A grande dificuldade reside, então, em descrever exatamente o processo, uma vez que um processo não definido não pode ser medido nem controlado. Por esta razão, os modelos de maturidade têm nas suas fases iniciais a preocupação voltada para que os processos sejam definidos claramente.

Os modelos de maturidade para o desenvolvimento de *software* têm como fundamento (primeiros passos) a definição dos processos, antes de se institucionalizar a medição e a melhoria. A título de exemplo, Chrissis *et al.* (2003) citam um dos mais respeitados modelos de maturidade, o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) da Carnegie Mellon University, que classifica os processos de desenvolvimento de *software* de uma organização em cinco níveis de maturidade. Neste modelo, os primeiros níveis focam a capacidade da organização em definir e praticar seus próprios processos de gerenciamento e desenvolvimento; somente nos níveis mais altos (nível 4 e nível 5) são estabelecidos processos de melhoria.

Enquanto o CMMI é um modelo definido para que as organizações gerenciem seus processos de *software* e os integrem ao longo da organização, o Seis Sigma é uma abordagem de solução de problemas que endereça melhorias específicas através de projetos de melhoria. O CMMI é uma adaptação e extensão do modelo *Quality Management Maturity Grid* (QMMG) de Phillip Crosby, que preconiza as melhores práticas genéricas para os processos de *software*. É um modelo de avaliação e comparação que enseja que a organização defina seus próprios processos e instrumentos de gerenciamento. Este modelo pode ser implementado em uma de duas representações: estagiada ou contínua. A versão estagiada do modelo de maturidade CMMI, classifica a maturidade das organizações certificadas em um determinado patamar. A versão contínua analisa separadamente cada uma das áreas do processo de desenvolvimento de *software*. Moraes (2004) alerta para o risco subjacente em ambas

representações: na estagiada, o risco está em se considerar que a maturidade é um conceito linear, estático e único e na contínua, que nem sempre os processos podem ser vistos separadamente.

O uso conjunto do modelo CMMI com o Seis Sigma pode vir a potencializar o efeito de ambos, afirma Card (2002). A Figura 2-18 ilustra o relacionamento entre a estrutura do método de implementação Seis Sigma - DMAIC com os níveis de maturidade do modelo CMMI.

Figura 2-18 Relacionamento entre o Seis Sigma e o CMMI

(fonte: CARD, 2002)

Em uma organização madura, a redução de retrabalho e de defeitos não ocorre devido ao acaso ou à sorte, mas devido à melhoria na acurácia das estimativas e ao aumento da produtividade dos recursos. Por outro lado, o aumento da produtividade dos recursos empregados ocorre porque há uma preocupação constante com a melhoria na eficiência dos

recursos (treinamento, melhoria da qualidade dos desenvolvedores etc.) e com a melhoria na eficácia dos produtos de *software* entregue.

Voas e Friedman (1995) citam uma outra restrição no que se refere às pessoas que participam da implementação dos projetos Seis Sigma. Normalmente, os responsáveis por essas ações são especialistas em Estatística (*belts*), que muitas vezes não conhecem muito bem os detalhes do processo de desenvolvimento ou os acordos surgidos durante o desenvolvimento, que podem ser fruto de alguma limitação da tecnologia ou de requisito por parte dos destinatários do *software*.

Outra restrição relativa a aplicação do Seis Sigma nos processos de *software* se refere a escassez da literatura sobre os casos de sucesso, o que valoriza os casos que são divulgados. Por esta razão, este trabalho considera apenas dois casos, nos quais uma das empresas utiliza a metodologia para todos os processos de *software* e a outra, somente para um deles.

2.8.5 Caso de sucesso 1

O primeiro caso se refere à experiência de uma das maiores empresas mundiais de desenvolvimento de *software*, sediada na Índia e descrita por Murugappan e Keeni (2003). A organização entende que ter e seguir um modelo de maturidade é uma questão estratégica. Por esta razão, até o final de 2002, a maioria de suas unidades de desenvolvimento de *software* (15, em um total de 17) já estava certificada pelo modelo SW-CMM nível 5. A adoção da metodologia do Seis Sigma foi viabilizada, uma vez que ela permitiu relacionar os esforços de melhoria a objetivos específicos do negócio, endereçando explicitamente as ações de melhoria dos processos. Além disso, determinou “como” aplicá-las ao relacioná-las com as expectativas dos clientes, facilitando as estimativas de capacidade em prazo, esforço e qualidade. Em outras palavras, transformou as necessidades dos clientes, com alta taxa de mudança, em medidas operacionais e de análises de tendências, permitindo distinguir mais claramente as causas comuns de variação, das causas especiais, assim como priorizar as

avaliações conforme as exigências. A empresa, ainda, desenvolve projetos específicos e realiza manutenção no acervo de seus clientes.

A empresa, percebendo a grande sinergia existente entre as recomendações do modelo SW-CMM e a metodologia Seis Sigma (inclusive todas as técnicas recomendadas na literatura sobre Estatística e do Seis Sigma), procurou, então, aplicar boa parte das recomendações em todos os seus processos de desenvolvimento de *software*, dando ênfase para aqueles considerados críticos para o negócio (construção, testes e requisitos), e nas áreas-chave de processos do SW-CMM, principalmente aquelas relacionadas com os níveis 2 (gerência dos processos) e 3 (operação dos processos), como uma forma para atingir o nível 5 do SW-CMM. Com isso, pôde gerenciar quantitativamente seus processos e problemas (nível 4) e estabelecer uma cultura de melhoria contínua (nível 5), alinhada com a expectativa de seus clientes. Tanto o desenvolvimento de *software* (todas as fases preconizadas na Engenharia de *Software*) quanto os processos Seis Sigma estão padronizados e não admitem flexibilização. As possíveis origens dos projetos Seis Sigma são os clientes, os usuários, os aspectos de gerenciamento, os processos de trabalho, os desenvolvedores, a tecnologia e os recursos empregados, sendo que os motivadores dos problemas são as falhas humanas, técnicas, computacionais ou mesmo padrões estabelecidos para os processos.

Para a implementação da filosofia Seis Sigma, foram executados os seguintes processos: percepção pela alta direção; conscientização dos demais executivos; liderança pela alta direção; identificação dos possíveis ganhos; determinação de alguns critérios para a seleção de projetos; e criação de um staff para assuntos de Estatística.

Para o acompanhamento dos projetos Seis Sigma são executados dois processos: o gerenciamento contínuo e a busca de melhoria contínua.

Para a reciclagem dos objetivos do Seis Sigma, os processos estabelecidos foram: conscientização e treinamento de coordenadores e líderes de equipes; mapeamento dos

principais problemas e das oportunidades de melhoria (estabelecimento dos CTQs); definição de algumas metas; detalhamento dos critérios de seleção e de priorização dos projetos Seis Sigma; determinação de um método customizado para a execução dos projetos Seis Sigma; adaptação do método para novos projetos; e execução de um ou mais projetos-piloto.

A empresa entende que as principais restrições do Seis Sigma aplicadas à melhoria dos processos de *software* são a dificuldade de estabelecer escopos bem definidos para os projetos Seis Sigma e entendê-lo apenas como uma metodologia para remover defeitos.

Os pontos de destaque da implementação do Seis Sigma são os seguintes:

- definição de métricas para acompanhar as metas (e suas variações), o desempenho da capacidade do processo e a tomada de decisão para eliminar a instabilidade dos processos;
- redução da variabilidade dos tempos de processamento dos processos de codificação, conforme mostra a Figura 2-19:

Figura 2-19 Redução da variabilidade no processo de codificação

(fonte: caso de sucesso 1)

- gerenciamento efetivo orientado pelos dados (*feedback*) dos projetos, controlando prazo, custo, qualidade e escopo (funcionalidades); repetindo as experiências de sucesso em projetos similares quanto às estimativas, *checklists* e revisões;
- compartilhamento do conhecimento, através de grupos de estudo, programas de treinamento, acordos de níveis de serviço e revisão aos pares.

2.8.6 Caso de sucesso 2

O segundo caso se refere a uma grande empresa brasileira do ramo de seguros que desenvolve *software* para uso próprio, mas que se torna em produto de trabalho para os clientes. A área de desenvolvimento de *software* não ostenta nenhuma certificação de qualidade e de maturidade.

A iniciação do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software* ocorreu após experiências positivas no uso desta metodologia nos processos de negócio (INFANTINI *et al.*, 2003). A execução de projetos Seis Sigma está condicionada às melhorias que resultem em retorno de investimentos junto ao mercado consumidor. Estes projetos são motivados por necessidades de inovações nos produtos elaborados através de *software*, expressas dos clientes e percebidos pela alta direção na forma de novos negócios e novos clientes.

Os primeiros projetos ocorreram em processos de trabalho existentes, que estavam relacionados com a estrutura administrativa, gerencial e técnica da área de desenvolvimento de *software*. A análise se concentra na aplicação do Seis Sigma em um projeto para reduzir as horas de manutenção nos sistemas. Os ganhos obtidos estão demonstrados na Figura 2-20.

Figura 2-20 Melhorias obtidas nas horas de manutenção

(fonte: caso de sucesso 2)

A empresa emprega o método DMAIC para a implementação dos projetos Seis Sigma. A título de ilustração são mencionados alguns dos destaques em cada um dos processos do DMAIC, relativos a um projeto específico Seis Sigma:

- definição: o projeto objetivou a melhoria da utilização dos recursos da área de desenvolvimento através da redução das atividades de manutenção de *software* em cerca de 50%;
- medição: o tempo de desenvolvimento de *software*, apontado em um período de 8 meses, indicou que cerca de 46% era retrabalho. Para fazer esta medição, foi definida a métrica “percentual do tempo total de mão-de-obra disponível utilizado nas atividades de manutenção”;
- análise: foram utilizadas as técnicas de Análise de Causa e Efeito e *brainstorming* para identificar as principais causas das falhas. Elas evidenciaram que a causa “raiz” era o levantamento de requisitos;
- melhoria: as ações de melhorias identificadas foram prontamente implementadas, como a validação dos requisitos antes de se iniciar o desenvolvimento;
- controle: foi constatado uma redução efetiva de 30% do tempo gasto anteriormente. Mesmo não atingindo a meta inicial de 50 % de redução do tempo, a empresa manifestou que conseguiu fazer com que a equipe aprendesse com os próprios erros e esta aprendizagem deveria se refletir nos próximos projetos de desenvolvimento.

Com a experiência adquirida, a empresa entende que os novos projetos Seis Sigma devam estar relacionados com a implementação de novas tecnologias.

Os conceitos tratados ao longo da fundamentação teórica foram utilizados como guia para a elaboração das proposições formuladas pelo estudo de casos, descritos a partir do próximo capítulo.

3. ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS

Neste capítulo são apresentados os fundamentos da pesquisa realizada, um estudo de casos múltiplos. Inicialmente, apresenta-se a base teórica desta modalidade de pesquisa e, em seguida, detalha-se o protocolo completo aplicado neste estudo. Na sequência, são descritos cada um dos casos pesquisados, caracterizando-se a unidade de análise, os processos de *software*, a incorporação do Seis Sigma na organização e nos processos de melhoria, as contribuições e as restrições observadas. O capítulo é encerrado com uma análise comparativa dos estudos de caso entre si e em relação à fundamentação teórica.

3.1 Metodologia de estudo de casos múltiplos

O intuito da realização de uma pesquisa de campo é permitir a validação do roteiro conceitual proposto e das proposições formuladas, obtendo, com isso, o suporte necessário para elaborar as generalizações ou interpretações possíveis. Para tanto, o primeiro passo é estabelecer o tipo de pesquisa a ser realizada e, em seguida, identificar os requisitos necessários para a sua execução.

De acordo com Nakano e Fleury (1996), as abordagens de pesquisa orientadas para a Engenharia de Produção são de cunho quantitativo, quando se referem a temas técnicos das engenharias, ou de cunho qualitativo, quando o tema está associado às ciências sociais. Lovejoy (1998) entende que o enfoque qualitativo se deve à origem multidisciplinar da Engenharia de Produção, para a qual convergem as vertentes da físico-matemática, da psicologia social e da sociologia.

Bryman (1989) afirma que a pesquisa quantitativa permite que sejam feitas medições, as quais, por sua vez, podem comprovar ou rejeitar as hipóteses formuladas. Para o autor, as hipóteses deveriam ser fortes e bem estruturadas o suficiente, provendo argumentações empíricas sobre a realidade. O objeto da pesquisa é a busca das relações entre causa e efeito,

sendo normalmente dirigidas para generalizações, e o processo como um todo deve ser passível de replicação. As principais formas deste tipo de pesquisa são os *surveys*, os diagnósticos, as modelagens e as simulações.

Quanto a pesquisa qualitativa, o mesmo autor enfatiza a perspectiva do *indivíduo* e seu estudo requer uma investigação profunda. O objeto da pesquisa é o “como” e o “porque” dos comportamentos, a pesquisa é intensamente afetada pelo contexto em que está inserida e deixa transparecer a sua influência. A análise enfatiza o *processo*, ou seja, a seqüência de eventos ao longo do tempo, enquanto o processo é pouco estruturado. As conclusões são normalmente interpretativas, o que dificulta as generalizações. Há necessidade de flexibilidade no sentido de que é possível que novas descobertas ou eventos inesperados levem a novas linhas de investigação. O pesquisador está bastante próximo do fenômeno que está sendo estudado e o assunto é de certa forma uma delimitação de uma realidade que é parte de um complexo contexto. As principais formas de coleta de dados para este tipo de pesquisa são as observações do pesquisador, as entrevistas e os documentos.

3.1.1 Tipo de pesquisa

Sob o ponto de vista de sua natureza, a pesquisa em questão pode ser classificada como *aplicada* e, quanto à forma de abordagem do problema, pode ser classificada como *qualitativa*. Silva e Menezes (2000) entendem que a pesquisa aplicada tem por objetivo gerar conhecimentos para uma aplicação prática. Por outro lado, na pesquisa qualitativa, considera-se que existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, ao qual requer uma interpretação dos fenômenos. Hoppen *et al.* (1996) acrescentam algumas características da pesquisa qualitativa:

- o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave para esta atividade;
- os pesquisadores tendem a analisar dados e fenômenos de forma indutiva;

- o processo e o seu significado formam o núcleo principal da questão;
- a pesquisa objetiva uma profunda compreensão do contexto da situação;
- a pesquisa enfatiza a sequência dos fatos ao longo do tempo;
- a pesquisa é fortemente baseada na análise de textos, em detrimento dos números.

Quanto aos objetivos de estudo, a presente pesquisa pode ser classificada como *explanatória*. Como assinala Yin (2001), esta tem a finalidade de *explicar* uma determinada realidade frente a uma teoria, lidando mais com ligações operacionais dependentes de um grupo de pessoas (por exemplo, uma empresa). Gil (1994) destaca que esta forma de perceber a realidade, faz com que o pesquisador adquira uma maior familiaridade com o problema de pesquisa.

3.1.2 A escolha do método

De acordo com Nakano e Fleury (1996), os métodos científicos mais apropriados para uma pesquisa de cunho qualitativa são: o estudo de caso, a observação participante e a pesquisa-ação. Enquanto os dois últimos implicam na ação do pesquisador como elemento modificador da situação, o estudo de caso permite ao pesquisador estudar a situação na distância adequada: perto o bastante para compreendê-la e longe o bastante para não influenciar os acontecimentos.

O estudo de caso, segundo Yin (2001), é adequado quando se faz uma questão do tipo “como” ou “por que” sobre um determinado fenômeno, sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Hoppen *et al.* (1996) acrescentam que o estudo de caso examina o fenômeno em seu meio natural, a partir de múltiplas fontes de evidências (indivíduos, grupos e organizações) e pelo emprego de técnicas diversificadas de coleta de dados como entrevistas, observações, relatórios etc.

Para este trabalho, o método escolhido foi o estudo de caso, pelo fato de ele tratar melhor quatro itens básicos, identificados por Yin (2001), os quais nos parecem pertinentes à presente

pesquisa:

- o tipo de questão proposto (analisar o “como” e entender o “por que”);
- o tipo de controle que o pesquisador exerce sobre os fatos (no caso, nenhum);
- o momento em que os fatos acontecem (no tempo presente);
- as variáveis do ambiente de estudo.

O estudo de caso estabelece um processo para coletar, analisar e interpretar as observações do pesquisador. De acordo com Nachmias & Nachmias (1992 *in* YIN, 2001, p.141), tal método é *“um modelo lógico baseado em evidências que permitem fazer inferências a respeito das relações causais entre as variáveis sob investigação”*.

Esse método envolve dois procedimentos técnicos fundamentais, que são o levantamento teórico e ainda o estudo dos dados de cada um dos casos. O primeiro tem por objetivo trabalhar sobre material já publicado, enquanto o segundo tem o compromisso de estudar profunda e exaustivamente o problema e seu entorno. Somados, permitem um amplo e detalhado entendimento da situação.

3.1.3 Etapas de um estudo de caso

Gil (1994) e Yin (2001) afirmam que a consecução de um estudo de caso, deve apresentar um conjunto de atividades agrupadas em três fases: definição e planejamento, levantamento de dados e elaboração das conclusões.

A Figura 3-1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a idéia do conjunto dos procedimentos a serem elaborados e também mostra uma seqüência lógica que deve ser seguida.

Figura 3-1 Estrutura do trabalho do Estudo de Casos Múltiplos

(fonte: adaptado de YIN, 2001)

Na fase de definição e planejamento:

- formulação do problema de pesquisa: consiste em formular de maneira explícita, clara, compreensível e operacional a dificuldade ou a indagação com que se depara e que se pretende resolver ou discutir. O problema motiva e justifica a realização do estudo;
- levantamento do referencial teórico: corresponde à identificação das teorias que dão o suporte necessário às situações em que o problema verificado se encaixa;
- formulação das proposições: consiste em estipular uma ou mais respostas lógicas, prováveis, factíveis, verificáveis, coerentes com o conhecimento científico, de caráter explicativo (quando *post-factum*) ou preditivo (quando *ante-factum*) para que as questões de pesquisa possam ser respondidas. Por esta razão, as proposições refletem importantes questões teóricas e práticas, direcionando o mapeamento das evidências relevantes, mantendo a pesquisa em limites exequíveis e evitando a perda do foco de estudo;

- identificação das variáveis: compreende a enumeração das variáveis independentes, dependentes e de controle, necessárias para operacionalizar as proposições formuladas;
- identificação da lógica de ligação dos dados às proposições: é a forma como os dados coletados explicam as proposições formuladas, ou então, a adequação aos padrões de comportamento especificado nas proposições;
- seleção das unidades de pesquisa: consiste em especificar os critérios de seleção das unidades de pesquisa que são cada um dos “casos de estudo” propriamente ditos e que estejam em condições de fornecer os dados necessários para a execução da pesquisa e as respostas necessárias às questões estudadas;
- elaboração do Protocolo: corresponde à elaboração do planejamento de toda a pesquisa, compreendendo a estruturação dos procedimentos para o levantamento de dados junto às unidades de pesquisas selecionadas;

Na fase de levantamento de dados para a pesquisa, tem-se as seguintes etapas:

- apresentação do projeto de pesquisa e ajuste do roteiro: corresponde à apresentação formal do projeto de pesquisa para a unidade de pesquisa, no sentido de garantir o seu apoio e a prestação de informações, bem como providenciar os ajustes necessários em termos de escopo do trabalho;
- escolha dos participantes e do representante da unidade de pesquisa: consiste na determinação do perfil e das pessoas a serem entrevistadas pelo pesquisador, bem como o representante da unidade de pesquisa para o acompanhamento dos trabalhos da pesquisa;
- programação do acesso às fontes de pesquisa: corresponde à elaboração da agenda de trabalho para o levantamento de dados, para investigação da documentação e para o conhecimento dos dados sistêmicos existentes;
- elaboração dos apontamentos: é a redação dos apontamentos das entrevistas, dos documentos disponibilizados e gravação de entrevistas;
- revisão dos apontamentos: consiste na validação e verificação de todos os apontamentos, por parte dos integrantes da unidade de pesquisa que fizeram parte do levantamento,

Na fase de conclusões da pesquisa, apresentam-se as etapas que se seguem:

- composição dos resultados: corresponde à organização dos dados coletados e à preparação dos resultados através da comparação dos dados com a teoria de suporte;
- análise dos resultados: corresponde à interpretação e à comparação dos resultados obtidos em vista das proposições e das questões de pesquisa, evidenciando os padrões de comportamento convergentes e contrastantes;
- elaboração das conclusões: corresponde ao fechamento da pesquisa e à formulação e revisão das conclusões dos estudos realizados.

3.1.4 Tipo de estudo de caso

A natureza da pesquisa aponta também para um estudo de casos múltiplos, visto que o interesse maior está na identificação dos “porquês” de as organizações adotar a metodologia Seis Sigma nos seus processos de melhoria de desenvolvimento de *software* e também do “como” elas internalizam os conceitos e do “até quanto” elas os praticam.

Os estudos de casos podem ainda ser classificados como *holísticos* ou *incorporados*. No primeiro caso, o foco é a importância do fenômeno como um todo e não o destaque de cada um de seus componentes em separado. Já os estudos de casos incorporados, nos quais se enquadra a pesquisa, enfatizam a importância de cada componente, faceta, processo ou etapa de um determinado fenômeno, uma vez que a aplicação e o entendimento do Seis Sigma podem se dar mais fácil e adequadamente em alguns processos do desenvolvimento de *software* do que em outros processos.

3.1.5 O protocolo do estudo de caso

Yin (2001) define o protocolo de um estudo de caso como sendo o instrumento que contém todos os procedimentos, regras gerais e a descrição das atividades necessárias para a condução e a realização do estudo de casos. Uma de suas finalidades mais importantes é garantir a confiabilidade da pesquisa. Os componentes do protocolo são os seguintes:

- visão geral do estudo de casos: contém a definição e os propósitos do estudo de caso e a descrição da situação problema;
- seleção das fontes de informação: estabelece os critérios adotados para selecionar as fontes de informação;
- questões de estudo: detalham as questões que modulam o problema de pesquisa, as proposições (formas de solução do problema) e as variáveis de análise;
- procedimentos de campo – detalham os procedimentos, as ações e as atividades do pesquisador para realizar o estudo de caso.

3.1.6 Pontos de atenção na elaboração de estudo de casos

De acordo com Mattar (2001) e Yin (2001), os pontos de atenção do pesquisador, ao elaborar um estudo de caso, são as fontes de pesquisa, a qualidade dos dados obtidos e a análise do material coletado.

Os autores entendem que as principais fontes de evidências são:

- as entrevistas: corresponde ao contato pessoal entre o pesquisador e o entrevistado. A entrevista espontânea tem foco direcionado para a opinião e interpretação do respondente sobre determinados comportamentos; assim, as respostas são “abertas”. A entrevista focal objetiva colher informações sem qualquer restrição do respondente, de acordo com um roteiro de questões previamente estabelecido, dando pouca margem a outras questões e também atribui importância igual ao respondente e às questões, que são normalmente do tipo “abertas”. No último tipo de entrevista, é dada ênfase às questões de pesquisa; as respostas, na sua maioria, são pré-elaboradas;
- a documentação: o uso mais importante dos documentos é corroborar e validar as evidências oriundas de outras fontes;
- observação direta – a observação direta dá a oportunidade ao pesquisador de conhecer mais profundamente a situação-problema estudada, avaliar pessoalmente as condições, as restrições e o cenário no qual o fenômeno ocorre e fornecer informações adicionais muitas vezes não verbalizadas ou não documentadas.

3.1.7 Critérios de qualidade para os dados obtidos

Yin (2001) e Mattar (2001) estabelecem alguns critérios para garantir a qualidade dos dados

obtidos:

- variabilidade das fontes: o pesquisador deve obter mais de uma fonte de pesquisa da mesma unidade de análise, o que lhe permitirá triangular os dados obtidos nas entrevistas, na documentação e nas observações.;
- validade do *constructo*: minimização da subjetividade inerente nos estudos de caso, por meio da utilização de várias fontes de evidência (devidamente revisadas e encadeadas logicamente) que reforcem a convergência da pesquisa;
- validade interna: garantia de completeza, consistência da argumentação e da inferência concluída pelo pesquisador, principalmente nos estudos explanatórios, nos quais é dado foco para as relações causais (causa-efeito);
- validade externa: garantia da generalização dos resultados obtidos de acordo com uma lógica de replicação, que deve estar presente nos estudos de casos múltiplos;
- confiabilidade: cuidados com a repetitividade, fidedignidade e confirmabilidade, isto é, se outro pesquisador, realizar o mesmo estudo e seguir os mesmos procedimentos, deve chegar às mesmas conclusões que o primeiro pesquisador. Isto implica na documentação completa do estudo de caso.

Ambos os autores também concordam que a finalidade dos dados obtidos é sustentar as conclusões a serem formuladas e, portanto, a interpretação das evidências deve ser feita à luz do conhecimento teórico, para que produzam conclusões cientificamente aceitáveis. Por esta razão, uma das estratégias mais consistentes é basear-se nas proposições formuladas e estabelecer os conceitos, os *constructos* e as possíveis relações entre eles. Assim, as proposições devem ser explicitadas de forma operacional para que o pesquisador possa realizar a análise, entende Gil (1994).

Para este autor, uma variável de pesquisa pode ser considerada uma classificação ou medida de um conceito ou *constructo*. Ela pode ser identificada univocamente e contém propriedades como definição verbal, aspecto e valores. Pode ser percebida, mensurada, ordenada e comparada.

Nakano e Fleury (1996) finalizam o tratamento teórico do estudo de casos explicando que o entendimento de um conceito ou *constructo* é alcançado através da relação entre o conjunto de variáveis, que podem, portanto, ser classificadas como:

- variável independente: é a que influencia, determina ou afeta uma outra variável; é fator determinante, condição ou causa para certo resultado, efeito ou consequência; normalmente, é o fator possível de ser manipulado pelo pesquisador na sua tentativa de assegurar a relação do fator com o fenômeno observado;
- variável dependente: consiste no fator que é explicado, em virtude de ser influenciado, determinado ou afetado pela variável independente; ela aparece, desaparece ou varia à medida que o pesquisador introduz, tira ou modifica a variável independente.

3.2 Aplicação do Estudo de Casos Múltiplos

A aplicação do estudo de caso seguiu passo-a-passo as etapas discutidas acima no detalhamento da metodologia empregada, devidamente adaptadas para esta dissertação.

Com isso, as especificações metodológicas aplicadas podem ser resumidas conforme mostra o Quadro 3-1.

Quadro 3-1 Resumo das especificações metodológicas

(fonte: o autor)

Atributo	Especificação adotada
Natureza da pesquisa	Aplicada
Abordagem ampla do problema	Indutivo
Abordagem restrita do problema	Qualitativa
Objetivos	Explanatória
Método	Estudo de casos
Modalidade	Múltiplo
Tipo do estudo	Incorporado
Procedimentos técnicos	Levantamento teórico Estudo dos dados de cada caso

A seguir é detalhado o protocolo geral do estudo de caso realizado.

3.2.1 Protocolo do estudo de caso

O protocolo do estudo de caso da pesquisa foi elaborado com base nas necessidades de coleta, análise e interpretação de informações no contexto da presente dissertação de mestrado. Sua finalidade foi estabelecer e formalizar a relação do pesquisador com o ambiente a ser pesquisado, garantindo assim, a confiabilidade da pesquisa e a rastreabilidade do processo, de acordo com critérios de qualidade estabelecidos acima. Ele é composto pelos seguintes tópicos, cujos detalhes são descritos mais adiante:

- o planejamento da pesquisa
- o objetivo da pesquisa
- a questão de pesquisa
- as proposições do estudo
- as variáveis de estudo e a lógica de ligação com as proposições
- os critérios para seleção das unidades de análise
- a formalização do convite
- o estabelecimento das regras da pesquisa na unidade de negócio
- o questionário de pesquisa
- o levantamento dos dados
- a análise dos dados
- a finalização

3.2.2 O planejamento da pesquisa

A pesquisa realizada conteve todas as atividades preconizadas na morfologia do método de Estudo de Casos Múltiplos, as quais foram contempladas no planejamento das atividades, conforme resume a Quadro 3-2.

Quadro 3-2 Atividades do Estudo de caso múltiplo

(fonte: o autor)

Agrupamento	Atividade
1-Definição e Planejamento	Problema de pesquisa
	Referencial teórico
	Proposições do estudo
	Variáveis do estudo e o relacionamento com as questões e as proposições
	Questões de pesquisa
	Seleção das unidades de análise
	Elaboração do protocolo
	Convite das unidades de análise
	Estabelecimento das regras
2-Levantamento de dados	Apresentação do projeto de pesquisa
	Escolha dos participantes e representantes
	Ajuste do roteiro de pesquisa
	Agendamento das entrevistas
	Elaboração dos apontamentos
	Coleta de documentos de evidência
	Revisão dos apontamentos
3-Análise e conclusão	Interpretação das evidências
	Elaboração do relatório de pesquisa
	Elaboração das conclusões
	Revisão das conclusões

Para cada uma das unidades de análise escolhida, foi elaborado um cronograma e regras do trabalho, conforme descrito mais adiante (regras da pesquisa).

O planejamento foi ajustado às características do trabalho desenvolvido.

3.2.3 O objetivo da pesquisa

Conforme já detalhado, o objetivo geral é propor um roteiro específico para a implementação do Seis Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software*. Este roteiro foi denominado de SW-DMAIC, para fazer uma menção ao método mais utilizado nos projetos Seis Sigma, já detalhado acima.

Para isso, os objetivos específicos são:

- identificar os princípios, os benefícios e as restrições da metodologia Seis Sigma;

- identificar as variáveis de contorno das organizações desenvolvedoras de *software* para as quais o estudo se reporta;
- planejar, estruturar, realizar e analisar um estudo de casos múltiplos em organizações que utilizam o Seis Sigma para os seus processos de desenvolvimento de *software*;
- identificar os pontos de convergência e divergência entre a literatura e os casos práticos.

3.2.4 A questão de pesquisa

Algumas indagações iniciais quanto à adoção do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software* foram colocadas e se relacionam com o tipo de organização, com o tipo de processo de desenvolvimento, com a forma de adoção dos princípios do Seis Sigma, com os métodos de implementação, com as melhorias efetivas proporcionais e com os cuidados que se deve ter ao utilizar o Seis Sigma.

A principal questão de pesquisa colocada pela presente dissertação é “*Como a metodologia Seis Sigma contribui para a melhoria dos processos de desenvolvimento nas organizações desenvolvedoras de software?*”

Ao definir a questão de pesquisa foram definidas as seguintes delimitações, recortes e abrangência da realidade:

- em relação à metodologia Seis Sigma, o trabalho acadêmico procurou ser o mais abrangente possível, isto é, contempla todos os princípios, métodos, técnicas e práticas que são conhecidos e utilizados que possam contribuir efetivamente para a melhoria dos processos de desenvolvimento;
- quanto aos processos de desenvolvimento de *software*, foi adotada a taxonomia definida pela norma NBR ISO/IEC 12.207:1998, não obstante outras classificações existentes, por mais privilegiadas que possam ser;

- quanto às organizações, foi escolhido o cenário daquelas nas quais o desenvolvimento de *software* faz parte do negócio (core business), o que justifica a aplicação dos princípios do Seis Sigma.

Além disso, para uma categorização melhor da questão de pesquisa, torna-se necessário um desdobramento capaz de responder a cada uma das seguintes indagações:

- como os princípios da metodologia Seis Sigma adentram as organizações?
- como as características de contorno (ambiente, negócios, cultura, conhecimento) influem na implementação da metodologia Seis Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software*?
- como as características dos processos de *software* influem nos processos de melhoria?
- como os elementos participantes do desenvolvimento atuam na melhoria dos processos de *software*?
- como tratar as restrições da metodologia Seis Sigma?
- como potencializar os ganhos com a aplicação do Seis Sigma?

3.2.5 *As proposições do estudo*

As proposições foram formuladas de sorte a fornecer as respostas às questões de pesquisa. Elas serviram de espinha dorsal tanto para a pesquisa teórica como para o estudo de casos múltiplos. São elas:

- *Os projetos de melhoria de processos, realizados através do Seis Sigma, devem estar alinhados com os objetivos do negócio ou com as estratégias empresariais.*

Esta proposição diz respeito à organização como um todo, uma vez que a metodologia Seis Sigma enseja um alinhamento estratégico das melhorias realizadas nos processos. Com isso, tal proposição dá um sentido e orientação para as ações a serem tomadas. O objetivo desta proposição é verificar se isto é uma exigência ou uma consequência do processo de melhoria ou, ainda, se é consequência de como a metodologia foi trazida para a organização.

- *A metodologia Seis Sigma pode ser utilizada parcialmente nos processos de software.*

O modelo de implementação da metodologia Seis Sigma sugere um conjunto de passos que devem ser seguidos. O objetivo desta proposição é identificar até que ponto este roteiro pode ou deve ser seguido e o que acontece se o Seis Sigma for utilizado de forma parcial. Além disso, pretende também investigar quais os fatores determinantes para esta utilização. A importância desta proposição é servir de base para a elaboração de um roteiro em processos de *software*.

- *A metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada uniformemente a todos os processos de software.*

A terceira proposição pretende explicar se existe impacto diferente da metodologia Seis Sigma nos variados processos de *software*. Ela se fundamenta na constatação de que para cada processo é utilizada uma técnica específica, ou pode não haver relação direta entre os processos de *software* e as técnicas preconizadas pelo Seis Sigma; tais técnicas, de modo geral, agregam para a melhoria dos processos de *software*.

3.2.6 As variáveis de estudo e a lógica de ligação com as proposições

Para que se possam avaliar as proposições formuladas, é necessário que os casos estudados apresentem um conjunto de variáveis (dependentes), percebidas pela presença, ação ou interferência de um outro conjunto de variáveis (independentes). As proposições do Estudo de Casos Múltiplos, bem como as respectivas variáveis independentes e dependentes e, ainda, as relações entre estas variáveis, estão explicitadas na Quadro 3-3.

Quadro 3-3 Proposições x Variáveis x relações

(fonte: o autor)

Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes
<p><i>Proposição 1:</i> Os projetos de melhoria de processos através do Seis Sigma devem estar alinhados com os objetivos do negócio ou com as estratégias empresariais</p> <p><i>Relações entre as variáveis:</i></p> <p>Vi1 x Vd1 Vi2 x Vd2 e Vd3 Vi3 x Vd2 e Vd3 Vi4 x Vd4</p>	
<p>Vi1: pressão dos clientes para melhoria Vi2: apoio da alta direção Vi3: comprometimento e capacitação gerencial / alta direção Vi4: grande quantidade de participantes</p>	<p>Vd1: impacto na satisfação dos clientes Vd2: rentabilidade dos negócios Vd3: novos clientes e negócios Vd4: grande quantidade de negócios</p>
<p><i>Proposição 2:</i> A metodologia Seis Sigma pode ser utilizada total ou parcialmente para os processos de desenvolvimento de <i>software</i></p> <p><i>Relações entre as variáveis:</i></p> <p>Vi5 x Vd5 Vi6 x Vd6 Vi7 x Vd7</p>	
<p>Vi5: <i>software</i> específico Vi6: oportunidades de melhoria Vi7: inovação no uso de métodos e técnicas</p>	<p>Vd5: resultados obtidos Vd6: lições aprendidas Vd7: motivação da equipe de desenvolvimento</p>
<p><i>Proposição 3:</i> A metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada de forma uniforme para todos os processos de <i>software</i></p> <p><i>Relações entre as variáveis:</i></p> <p>Vi8 x Vd8 e Vd9 Vi9 x Vd8 e Vd9 Vi10 x Vd10</p>	
<p>Vi8: oportunidades de medição Vi9: diversidade da equipe e os processos Vi10: tipo dos processos executados</p>	<p>Vd8: o que deve ser medido Vd9: como deve ser medido Vd10: o que não funciona</p>

3.2.7 Os critérios para seleção das unidades de análise

As unidades de análise de interesse desta pesquisa são organizações desenvolvedoras de *software* que adotam a metodologia Seis Sigma de forma parcial ou total na melhoria dos seus processos de desenvolvimento de *software*.

A primeira condição de estratificação ou seleção das unidades de análise é que exista uma

relação direta entre a melhoria dos processos de *software* e algum objetivo de negócio ou estratégia empresarial. Esta condição é fundamentada na própria concepção da metodologia Seis Sigma que faz com que cada projeto esteja atrelado a um objetivo estratégico da empresa. Por outro lado, esta condição não implica que o desenvolvimento de *software* seja o negócio principal da organização (*core business*); determina apenas que exista esta relação de forma clara e explícita.

A segunda condição diz respeito ao interesse da organização em demonstrar os seus processos de melhoria no desenvolvimento de *software* até o limite da confidencialidade dos negócios, como uma forma de contribuição para o trabalho acadêmico. Este interesse deve ser manifestado formalmente.

Em relação à adoção do Seis Sigma, as unidades de análise foram distribuídas em dois grandes grupos: as que já adotam integralmente a metodologia Seis Sigma na melhoria de seus processos de desenvolvimento de *software* e aquelas que a utilizam parcialmente.

A princípio, não foi estabelecida relação alguma entre o uso do Seis Sigma e o grau de maturidade da organização, uma vez que se utilizado este critério, o estudo de campo poderia perder a riqueza de informação dos depoimentos das empresas que estão a caminho de patamares mais elevados de maturidade.

Foram contatadas 23 organizações desenvolvedoras de *software*, que de uma forma ou de outra tinham tido algum contato com o Seis Sigma e que manifestaram algum interesse em utilizá-lo para a melhoria de seus processos.

Em todo o processo de contato, convite e levantamento de dados garantiu-se sigilo quanto a identidade das organizações, mas, mesmo com esta ressalva, a quantidade de empresas que se pronunciaram positivamente quanto a participar do estudo de caso foram poucas.

O Quadro 3-4 mostra a proporção entre as empresas convidadas e as que efetivamente

participaram do estudo de casos múltiplos.

Quadro 3-4 Distribuição quantitativa das empresas contatadas

(fonte: o autor)

Atendimento ao Seis Sigma	Qt.Total	Certificação ISO 9000:2000	Nível de maturidade CMMI						Participação no Estudo de Caso
			Para n2	N2	N3	N4	N5	Total	
Parcialmente	18	17	5	8	3	3	1	20	3
Integralmente	5	5				3	2	5	2
Total	23	22	6	8	3	6	3	25	5

As duas razões mais citadas para o declínio do convite em participar no estudo de caso foram a não-autorização das respectivas diretorias, por envolver informação considerada sigilosa, e a falta de tempo dos gestores contatados.

A ostentação da certificação de qualidade do produto e de maturidade nos processos de desenvolvimento é uma informação de conhecimento pública e, por esta razão, foi explicitada.

3.2.8 A formalização do convite

O primeiro contato foi feito pessoal e informalmente e, em seguida, formalizado. No Apêndice 1 encontram-se os modelos dos principais tipos de correio eletrônico (*email*) trocados junto às empresas convidadas e que participaram do trabalho.

Para facilitar o acesso às organizações, bem como comprovar o vínculo da pesquisa a uma dissertação acadêmica, a apresentação do pesquisador para as organizações foi feita através de uma carta de recomendação do Professor Orientador da dissertação de mestrado, cujo modelo está disponível no Apêndice 2 do trabalho.

3.2.9 O estabelecimento das regras da pesquisa na unidade de negócio

Para a realização do trabalho de estudo de caso, foi elaborado com as Unidades de Análise que participaram do levantamento um conjunto de regras quanto à realização das entrevistas,

revisão, confidencialidade e outros critérios.

Em cada Unidade de Análise foram agendadas e realizadas entrevistas com três pessoas, sendo um gerente da qualidade ou protagonista da metodologia Seis Sigma, um especialista da área de qualidade ou da garantia de qualidade e um representante da área de desenvolvimento de *software*.

A forma de comunicação estabelecida foi a troca de *emails*.

O tempo de realização das entrevistas foi fixado na faixa de 1h30 até 2h00.

O questionário foi utilizado apenas como um guia direcionador dos assuntos.

As observações foram anotadas e entregues para revisão por cada uma das pessoas entrevistadas.

As Unidades de Análise solicitaram uma cópia da dissertação de mestrado quando da sua conclusão.

Não foi autorizado por nenhuma das Unidades de Análise a cessão de cópias de dados estatísticos de seus processos, normas, políticas e quaisquer outras informações que não fossem públicas ou que não constasse do site oficial das organizações.

Qualquer opinião emitida pelos entrevistados que traduzissem opiniões próprias e pessoais deveriam ser transcritas como tal.

As unidades aceitaram ser cognominadas no texto da dissertação como Unidade de Análise1 (UA1), Unidade de Análise 2 (UA2) e assim por diante.

3.2.10 O questionário de pesquisa

O questionário contém os seguintes grupos de questões:

- apresentação do documento para a organização respondente: tem a finalidade de apresentar o escopo do trabalho, as restrições, os termos de confidencialidade;

- dados sobre a empresa e sobre a unidade de análise: compreende a captura de dados classificatórios da empresa, estabelecimento do cenário, descrição dos negócios, atividade produtiva, estrutura organizacional e histórico da qualidade, importância do *software* nos negócios, perfil dos clientes, análise SWOT, FCS, política da qualidade e situação dos negócios;
- dados sobre a metodologia Seis Sigma: pretende captar como foi o contato inicial da organização com esta metodologia, como ela se convenceu em utilizá-la, quais foram os treinamentos realizados, como foi o planejamento da implementação, o que e como é controlado através do Seis Sigma. Além disso, obter dados sobre os resultados, sobre as lições aprendidas e sobre as restrições e os pontos negativos.

O modelo do instrumento pesquisa utilizado, contendo os detalhes e comentários de cada informação está descrito no Apêndice 3 deste trabalho.

3.2.11 O levantamento dos casos de estudo

A estratégia utilizada para o levantamento dos casos de estudo foi a entrevista pessoal dos integrantes das unidades de análise que vivenciam o uso da metodologia Seis Sigma e, portanto, são conhecedores das suas vantagens, desvantagens, problemas e benefícios.

Somente duas das entrevistas foram feitas através de *email*. Todas as demais foram realizadas de forma presencial e o conteúdo das entrevistas foi transcrito no ato. Posteriormente, estes dados foram remetidos aos entrevistados para os devidos ajustes e revisão e, finalmente, entregue uma cópia para a Unidade de Análise, para efeito de cruzamento dos dados.

Como roteiro de entrevista, foi utilizado o questionário de pesquisa, já descrito neste trabalho, admitindo-se qualquer variação do mesmo, na medida em que se fizer necessário.

Em diversas entrevistas foi exibido documentos, gráficos de comportamento resultado dos trabalhos. Em todas elas, foi permitido a transcrição apenas dos conceitos das métricas e das ações corretivas efetuadas.

Além dos dados oriundos da unidade de análise, o pesquisador acrescenta as suas próprias

observações, face à literatura compulsada.

3.2.12 A análise dos dados

A análise e interpretação dos dados foram feitas com base no referencial teórico estudado previamente ou coletado no transcorrer da pesquisa.

A interpretação dos dados segue a formulação das questões de pesquisa, que é o escopo do trabalho. Outras conclusões, juízos de valor, idéias, sugestões são apontadas como base para as conclusões e sugestões para novos estudos sobre o tema.

Para a interpretação dos dados, foi utilizado o roteiro traçado para a coleta das variáveis de estudo (tanto as independentes quanto as dependentes) além de outras informações julgadas oportunas.

Para a avaliação conjunta dos resultados das entrevistas, entendeu-se que o uso do critério do grau de maturidade poderia mostrar o efeito evolutivo e, possivelmente, as diferenças de ponto de vista.

3.2.13 A finalização da pesquisa

A finalização da pesquisa ocorreu de três formas: na comparação entre as empresas, na elaboração do roteiro de implementação, reciclagem e execução dos projetos Seis Sigma.

3.3 Estruturação dos Estudos de Casos Realizados

Conforme indicado na Quadro 3-4, os estudos foram realizados em cinco Unidades de Análise, que são organizações desenvolvedoras de *software*, sendo que três delas utilizam parcialmente a metodologia Seis Sigma e duas a utilizam integralmente para a melhoria dos processos de *software*. No detalhamento e análise dos dados levantados, estas Unidades estão designadas como Unidade de Análise 1 (UA1), Unidade de Análise 2 (UA2), Unidade de Análise 3 (UA3), Unidade de Análise 4 (UA4), Unidade de Análise 5 (UA5)

3.3.1 Realização dos levantamentos de dados

A realização dos levantamentos de dados ocorreu segundo a forma prevista, ou seja:

- foi feito um contato inicial com o gerente da qualidade de cada uma das Unidades de Análise (UA), ocasião em que foi explicado o motivo do levantamento de dados e verificado se a organização atendia às premissas de estratificação (existir uma relação direta entre a melhoria dos processos de *software* e algum objetivo de negócio ou estratégia empresarial e haver interesse da organização em demonstrar os seus processos de melhoria através do Seis Sigma);
- foi enviado um convite formal, conforme o *email* Apêndice 1 - modelo “Email 1 – Convite inicial” e recebido o aceite;
- foi agendada uma data para a realização das entrevistas com as três pessoas da Unidade de Análise, através de *email*, cujo modelo consta do Apêndice 1 – modelo “Email 3 – Continuidade e tratativas iniciais para a realização do Estudo de caso”;
- foi realizado o levantamento de dados em cada uma das Unidades de Análise nas datas indicadas no Quadro 3-5. Algumas entrevistas foram realizadas de forma virtual, através de *email*;
- todos os apontamentos das entrevistas foram devidamente revisados pelos entrevistados.

Quadro 3-5 Realização das entrevistas

(fonte: o autor)

Unidade de Análise	Seis Sigma	Nível CMMI	Entrevista presencial		Entrevista virtual		Data da revisão das entrevistas
			Data	Qt.	Data	Qt.	
1	T	5	21/09/2005	1	07/10/2005	2	20/10/2005
2	T	3	01/02/2006	3			08/03/2006
3	P	3	17/05/2006	3			29/05/2006
4	P	4	19/06/2006	2	19/06/2006	1	26/06/2006
5	P	-	03/07/2006	2	04/07/2006	1	07/07/2006

Considerando o nível de maturidade e a prática do Seis Sigma nas unidades de análise, observa-se que:

- a UA1 pratica integralmente o Seis Sigma e é uma organização de alta maturidade;
- a UA2 pratica o Seis Sigma integralmente, mas estrategicamente não teve interesse em atingir níveis mais altos de maturidade, pois seu maior cliente de *software* é a própria organização;
- a UA3 (em vias de certificação CMMI nível 4) e a UA4 são organizações de alta maturidade, mas entendem que a implementação do Seis Sigma é um projeto relacionado com o nível 5 CMMI;
- a UA5 é uma organização desenvolvedora de sistemas que atualmente procura certificar-se no modelo CMMI nível 2. O grupo industrial de quem era o departamento de desenvolvimento de sistemas pratica o Seis Sigma há bastante tempo e, por esta razão, herdou e pratica diversos princípios do Seis Sigma do grupo industrial.

A realização das entrevistas presenciais e virtuais com os participantes das unidades de análise, bem como as reuniões para a revisão dos apontamentos das entrevistas, ocorreram, segundo o cronograma detalhado no. Por medida de precaução, todos os encontros tiveram uma confirmação prévia de disponibilidade das pessoas envolvidas.

Participaram das entrevistas um representante do corpo gerencial, um representante da área de desenvolvimento e outro da área da qualidade.

Todos os ajustes estruturais tanto nas questões quanto no modelo final proposto foram discutidos novamente com pelo menos uma das pessoas entrevistadas em cada Unidade de Análise.

3.3.2 Levantamento Piloto

O Estudo de Caso da UA1 foi também utilizado para piloto dos demais Estudos de Casos. Com base neste levantamento, foram introduzidas as seguintes modificações no planejamento inicial:

- foi elaborado um roteiro para coleta e validação de entrevistas virtuais (através de *email*);

- foi ajustada a quantidade de participantes para três pessoas;
- foi incluída uma questão a respeito dos pontos negativos do Seis Sigma para a melhoria de processos de *software*;
- foi introduzido um ponto a respeito da história da melhoria de processos na Unidade de Análise;
- foi incluída a discussão sobre o modelo de maturidade adotado;

3.3.3 Perfis dos entrevistados

Os perfis dos entrevistados foram os seguintes:

- gerente da qualidade ou o *champion* do Seis Sigma: o objetivo deste perfil é responder sobre a Unidade de Análise, a implementação e os projetos de melhoria através do Seis Sigma;
- especialista em Seis Sigma ou representante da área da qualidade: o objetivo deste perfil é tratar o Seis Sigma como uma metodologia orientada para a melhoria dos processos;
- desenvolvedor de *software*: o objetivo deste perfil é o de traduzir os ganhos e as dificuldades do Seis Sigma para os diversos processos do desenvolvimento.

3.4 Unidade de Análise – UA1

3.4.1 Caracterização da Unidade de Análise

A Unidade de Análise 1 (UA1) é uma das unidades da subsidiária brasileira de uma grande corporação mundial de desenvolvimento de *software*, presente em 60 países, atendendo aproximadamente 35 mil clientes.

A Entrega de Serviços é uma das três áreas de operações da UA1 que responde pelo desenvolvimento e entrega dos produtos de *software* e está estruturada em cerca de 90 Centros de Solução, empregando cerca de 33 mil engenheiros de *software* (ES). No Brasil, existem três SC localizados no Rio de Janeiro (com 500 ES), São Paulo/Araraquara (com 900 ES) e Florianópolis (com 100 ES).

Todas as operações são padronizadas de acordo com um modelo de entrega mundial (*Global Delivery Model* - GDM), e compartilham do mesmo sistema de gerenciamento e soluções globais (*Global Solution Management System* - GSMS). A operação é realizada, de forma autônoma, por Unidades de Entrega de Aplicações (*Application Delivery Units* - ADU), que estão estruturadas de forma projetizada e onde se concentram na maior parte por desenvolvimento de *softwares*, notadamente por encomenda, havendo pouco desenvolvimento de *software* para uso geral.

A maior parte dos clientes, com idade média de oito anos (manufatura), quatro anos (saúde) e dois anos (telecomunicações) está localizada fora do país e mantém um grau de fidelidade acima de 90%, devido ao nível de qualidade exigido e recebido.

As principais oportunidades de negócio estão relacionadas com a grande número de manutenção do acervo e com a evolução tecnológica dos sistemas legados dos clientes. Foi registrado também que quanto mais antigo for o legado, mais controversos e menos estáveis têm sido os requisitos formulados. Além desses sistemas, vêm sendo desenvolvidas novas aplicações relacionadas com BPM, CRM e *Helpdesk*.

A unidade do Rio de Janeiro está certificada no modelo CMMI nível 5. Uma parte considerável dos profissionais aplica de fato as melhores práticas em gerenciamento de projetos e são monitorados para que o façam. A unidade disponibiliza um forte programa de estágio, promove regularmente reciclagem interna, pratica melhoria contínua e os processos são padronizados. A unidade se considera como uma organização de alta maturidade

O levantamento de dados para a dissertação foi feito no escritório do Rio de Janeiro com o gerente da qualidade (gerente), com um *black belt* e especialista em qualidade de *software* (especialista) e um ES (desenvolvedor).

3.4.2 Os processos de software

As ADUs executam grande parte dos processos do ciclo de desenvolvimento de *software*, exceto as atividades de elicitação dos requisitos dos clientes (cerca de 15 % do esforço).

Os processos de desenvolvimento são padronizados e customizados para cada novo projeto. Em cada um, são detalhadas as atividades que devem ser realizadas, a seqüência, a descrição, os modelos (*templates*), os responsáveis pelos produtos de trabalho (fazer, revisar e aprovar) e, ainda, os padrões de aceitação e de auditoria.

Para a realização dos trabalhos, os engenheiros de *software* acessam o Sistema de gerenciamento da qualidade para informações e padrões sobre os processos de negócio e o Sistema GSMS sobre os padrões de Engenharia de *Software* que devem ser seguidos, além de registrar os dados sobre seu trabalho.

Para garantir um nível de capacidade adequado às demandas dos clientes, os engenheiros de *software* tem a carga de trabalho dimensionada para apenas quatro dias da semana; o quinto dia é reservado para reciclagem, práticas gerenciais e da qualidade e ainda, para substituir eventuais ausências de outros engenheiros.

3.4.3 Os projetos Seis Sigma

Há algum tempo, a pressão dos clientes por mais produtividade (redução de prazo e custo) e padrões de qualidade tem aumentado sensivelmente, o que levou a UA1 a aumentar seus esforços e investimentos em relação à qualidade.

A opção pelo Seis Sigma ocorreu como resultado de um trabalho minucioso de comparação com outras metodologias de melhoria de processos com alinhamento empresarial. A metodologia do Seis Sigma foi considerada a mais adequada para suportar as exigências estratégicas da UA1 e das áreas de processo do nível 4 do modelo CMMI.

Todo o corpo gerencial foi treinado na metodologia e, além disso, é reciclado periodicamente

em técnicas de gerenciamento e técnicas estatísticas. Um dos pré-requisitos para que o profissional ascenda a cargos gerenciais é demonstrar proficiência em ambas as disciplinas.

O Seis Sigma foi adotado com a finalidade de aumentar a capacidade dos processos, aumentar a efetividade na detecção e remoção de defeitos, na assertividade das estimativas, na capacitação das equipes (capacidade de criação, inovação e atendimento à diversidade de usuários), no aumento da produtividade nas pequenas e médias melhorias, no acompanhamento da rentabilidade em cada projeto e acompanhamento do nível de atualidade tecnológica do acervo dos clientes. Nos casos específicos de projetos de manutenção, o Seis Sigma administra a variabilidade e a estabilidade dos requisitos formulados pelos clientes. Além disso, o Seis Sigma serve como orientador das ações de entrosamento, capacitação e motivação das diversas equipes de desenvolvimento, muitas delas contratadas no mercado para atender serviços na modalidade *offshore* (forma de terceirização contratada para a realização de negócios ou trabalho em outros países).

A origem dos processos Seis Sigma podem estar na organização, no produto entregue, na comunidade usuária, nos aspectos de gerenciamento, nos processos de desenvolvimento, nos desenvolvedores, na tecnologia empregada e em qualquer um dos recursos empregados. Além disso, as falhas podem estar ligadas aos padrões empregados, ao ambiente computacional, às pessoas, às técnicas empregadas ou são devidas a quaisquer outras causas.

Os projetos de melhoria através do Seis Sigma são orientados pelos resultados demonstrados por uma série de métricas, entre as quais, destacam-se:

- manufatura: redução do tempo de execução das manutenções; localização dos defeitos e quantidade de produtos prometidos e entregues;
- desempenho das revisões: quantidade de defeitos esperados para serem detectados, tempo para identificação dos defeitos e esforço de retrabalho de desenvolvimento esperado;

- controle da variação nas estimativas dos projetos, com o intuito de proporcionar maior previsibilidade e acurácia junto aos clientes;
- melhoria da qualidade do desenvolvimento de cada equipe, através da quantidade de não conformidades e esforço para remoção;
- aumento da produtividade da mão-de-obra, isto é, aplicar menos esforço por trabalho processado.

As métricas operacionais dos projetos são discutidas com os clientes, no sentido de se ajustar às suas necessidades, o que acarreta uma maior confiabilidade e transparência do processo de desenvolvimento.

Além das atividades de melhoria de processos e de garantia da qualidade, é estimulada a criação de círculos da qualidade nas equipes, para divulgar mudanças de maneira mais rápida, utilizando a percepção e o entrosamento dos integrantes das equipes.

3.4.4 Os processos Seis Sigma

No sentido de alinhar as expectativas dos especialistas em Seis Sigma (*belts*) e dos gerentes de projetos, optou-se por:

- adotar uma visão de melhoria de processos em vez de entender o Seis Sigma como uma técnica de combate aos defeitos;
- aproveitar o melhor a maior quantidade possível das recomendações do Seis Sigma no modelo de gestão já existente, criando-se um método específico de implementação.

Para a implementação da filosofia Seis Sigma, foram tomadas as seguintes providências: contratação de uma consultoria de suporte, conscientização dos executivos da empresa, definição de um executivo líder, levantamento dos possíveis benefícios e dos principais focos de problemas ou de melhoria, garantia de recursos necessários para os projetos Seis Sigma, concordância entre o corpo gerencial, definição de critérios para a seleção de projetos Seis

Sigma e criação de um *staff* para assuntos estatísticos e quantitativos.

Cada projeto Seis Sigma tem autonomia para executar apenas os processos que são estritamente necessários, dentre um conjunto de processos previamente definidos, conforme mostra o Quadro 3-6.

Quadro 3-6 Método de execução do Seis Sigma

(fonte: UA1)

Etapa	Processo	Detalhes
Planejamento	Análise de Viabilidade	Reconhecimento dos benefícios
	Análise de viabilidade técnica	Determinação inicial do escopo e prazo
	Definição do problema	Verificação das evidências para certificação do problema e das causas-raiz
Execução	Equipe	Para a execução do projeto
	Detalhamento	Detalhamento do problema
	Medição	Levantamento de dados detalhados do problema e dos efeitos
	Análise	Análise das causas-raiz, das causas secundárias e identificação das alternativas
	Simulação	Teste da nova solução, validação e verificação
	Execução piloto	Produção com o novo processo, para acomodar a nova solução no contexto
Implantação	Treinamento dos envolvidos	Treinamento e avaliação dos envolvidos na nova solução
	Instalação	Disponibilização para uso
	Finalização	Implantação definitiva da solução e revisão da documentação do projeto
	Controle	Acompanhamento dos novos resultados
Institucionalização	Padronização	Adoção da melhoria para o processo em si, expansão do treinamento
	Integração	Adoção da melhoria para novos processos (lições aprendidas)
Acompanhamento	Gerenciamento	Gerenciamento contínuo de todos os processos
	Melhoria contínua	Busca contínua de melhorias

Para a reciclagem dos objetivos do Seis Sigma, os processos estabelecidos foram: conscientização e treinamento de coordenadores e líderes de equipes, identificação dos principais problemas e oportunidades de melhoria (estabelecimento dos CTQs), definição de

algumas metas, detalhamento dos critérios de seleção e priorização dos projetos Seis Sigma, determinação de um método customizado para a execução dos projetos Seis Sigma, adaptação do método para novos projetos e execução de um ou mais projetos-piloto.

Todos os projetos (desenvolvimento de novas aplicações e manutenções), cujo esforço necessário esteja acima de um determinado nível são candidatos potenciais para se tornarem projetos Seis Sigma. A decisão é tomada pela gerencia da ADU ao comparar os direcionadores do projeto: Voz do cliente (*Voice of Customer* - VOC), Voz da Gerencia (*Voice of Manager* – VOM) e Voz do Processo (*Voice of Process* - VOP).

Na maior parte dos projetos Seis Sigma, consome-se mais tempo para definir claramente o problema do que com as demais atividades do projeto Seis Sigma. Com base neste trabalho prévio, são determinados os objetivos de cada projeto Seis Sigma, iniciando-se, a partir deste ponto, o ciclo do Seis Sigma. As próprias atividades do ciclo do Seis Sigma são utilizadas para, recursivamente, retornar e refazer as atividades de cada fase. Isto, embora não explícito na literatura do Seis Sigma, vai ao encontro de uma proposição do Seis Sigma que significa que os próprios dados do processo que constitui o foco, retorna ao processo como um dos parâmetros (*baseline*).

Quadro 3-7 Acompanhamento da quantidade de casos de teste alfa

(fonte: UA2)

Tipo de teste	Meta atual	Inalterados	Clarificados	Melhorados	Novos	Nova meta
Funcionalidades	25	16	5	4	6	32
Erros nos resultados	32	18	3	11	7	40
Desempenho	8	0	7	1	0	8
Usabilidade	13	7	3	3	4	16
Documentação	23	0	7	8	2	24
Compartilhamento	15	5	2	1	3	17
Transmissão	12	0	0	0	0	12
Recuperação	4	0	0	0	3	6
Inicialização	8	3	1	2	4	11
Totais	140	49	28	30	29	166

Um exemplo da aplicação deste conceito é o acompanhamento da quantidade de casos de teste alfa, como mostra o Quadro 3-7 acima.

São utilizadas todas as técnicas de coleta e análise de dados recomendadas pela Estatística: delineamento de experiência (quando de novas tecnologias); análise custo-benefício e outras análises financeiras (novos projetos); *brainstorming*; SIPOC; QFD; FMEA; cálculo de capacidade do processo; planos de ação; além dos gráficos de controle – CEP (Figura 3-2) e a análise de causa-efeito (Figura 3-3). A UA1 tem incentivado os trabalhos de grupos de autônomos, de acordo com os paradigmas do *lean thinking*.

Figura 3-2 Exemplo de carta de controle

(fonte: UA1)

Figura 3-3 Exemplo de diagrama de causa-efeito

(fonte: UA1)

Além das técnicas apontadas acima, foi adaptado o modelo de processos de produção SIPOC para os processos de desenvolvimento de *software* da NBR ISO/IEC 12.207:1998, que é utilizado para servir de guia para os trabalhos operacionais e gerenciais.

3.4.5 Os resultados obtidos

Os principais resultados percebidos pela organização são:

- redução das variações percentuais entre as previsões e as realizações, muitas vezes acima de 80 %, para menos de 10 % em todos os projetos. Isto significou uma economia sensível de retrabalho e lucratividade. Antes não havia como repassar as perdas de ineficiência para o cliente;
- suporte à produção, aumentando a produtividade do trabalho em 10 % (já descontado o aumento de produtividade relativo à assertividade das estimativas);
- redução substancial dos defeitos e eficiência dos testes, ocorrida como consequência do monitoramento mais severo (há mais de um ano não ocorre um erro catastrófico);

- maior velocidade para resolver os problemas, dúvidas e pendências, possibilitando maior transparência dos erros, correção e responsabilidades e compartilhamento do conhecimento entre as equipes;
- aumento da eficiência das auditorias;
- aumento na detecção de erros mais cedo no ciclo de vida e depois da entrega ao cliente;
- aumento no esforço em atividades de gerenciamento de projeto provendo mais controle aos projetos.

3.4.6 As lições aprendidas

As principais lições aprendidas (ver slide na apresentação) foram:

- suporte para a liderança nos projetos através da integração entre as equipes;
- preparação do corpo gerencial e técnico com os conhecimentos estatísticos;
- preparação do corpo de especialistas estatísticos com os conhecimentos do desenvolvimento de *software*;
- propagação do conhecimento como um elemento sinérgico entre os clientes e os desenvolvedores;
- capacitação de equipes de terceiros;
- determinação do tempo-limite para realizar das mudanças culturais e para vencer a resistência das pessoas;
- compreensão de que o treinamento e mentoriação são pontos-chave do processo de implementação do Seis Sigma, pois um treinamento sem o devido acompanhamento é ineficaz;
- determinação documentada das responsabilidades de cada um dos participantes;
- utilização de ferramentas de suporte;

- manutenção de um histórico de cada um dos projetos executados, como um meio de realizar estimativas mais realistas de projetos similares;
- reconhecimento de que existem projetos em que não há oportunidades de melhoria, sendo mais eficaz então deixar o projeto de lado e buscar outro para o qual as melhorias poderiam ser melhor aplicadas;
- necessidade de formalismo exigido na documentação de todas as ações tomadas em relação à melhoria da qualidade dos processos.

3.4.7 As limitações do Seis Sigma

As principais limitações do Seis Sigma são:

- a falta de prática e experiência da equipe, ao se prender em demasia à formalidade e perder o ponto fundamental da aplicação;
- o fato de que os itens defeituosos não impeçam a realização de outras atividades, mas mesmo assim dificultam bastante a localização das causas reais de um determinado problema;
- a não-especificação correta do escopo dos projetos Seis Sigma, correndo-se o risco de tornar o controle maior do que o objeto controlado;
- o entendimento limitado do Seis Sigma, considerado apenas como um “caçador de defeitos” e não como um instrumento de melhoria de processos.

3.4.8 Comentários gerais

De acordo com o que foi consignado nos depoimentos, não houve divergência entre os comentários do *gerente*, do *especialista* e do *desenvolvedor*, quanto as questões apresentadas por este estudo.

Não foi autorizada a publicação de listas dos projetos Seis Sigma que já foram realizados ou que estão sendo realizados, nem tampouco quadros estatísticos a respeito de resultados obtidos.

Foi enfatizado pelo *especialista* a dificuldade de um estatístico conhecer e entender a variabilidade dos processos de desenvolvimento de *software*, principalmente quando eles se referem à estabilidade dos requisitos.

O *desenvolvedor* testemunhou a grande mudança de comportamento, verificada após a aplicação do Seis Sigma, em relação à pressão exercida anteriormente pelos gerentes com vistas à urgência de entrega dos trabalhos, uma vez que, os prazos de cada projeto e de cada atividade do projeto são previamente ajustados de acordo com a capacidade disponível e as prioridades da carga de trabalho.

O *desenvolvedor* também citou a dificuldade que se tem em transmitir a idéia para as equipes contratadas no mercado que, pela falta de uma expectativa de continuidade do trabalho, não dão o devido valor ao controle exigido pelo Seis Sigma.

3.5 Unidade de Análise – UA2

3.5.1 Caracterização da Unidade de Análise

A Unidade de Análise 2 (UA2) é uma organização mundial da área de telecomunicações, que fornece produtos e soluções de mobilidade para áreas de banda larga, sistemas integrados e redes sem fio. A planta brasileira, sediada na cidade de Jaguariúna – SP, é a base industrial para toda a América do Sul, África e parte da Ásia.

O *software embutido* responde por mais de 70% do valor agregado dos produtos. Parte do desenvolvimento de *software* é feita internamente e a outra parte é feita com a colaboração de fornecedores de alta maturidade, de acordo com o conceito de produção “batelada”, tanto para os produtos de uma mesma linha, como para componentes reutilizáveis. Por esta razão, as unidades de projeto, produção e testes de *software* estão estruturadas em equipes por *tipo de tecnologia* e utilizam os conceitos de fábrica de *software*, tais como: componentização, linha de produto, produção por encomenda e produção para estoque.

A UA2 investe fortemente em pesquisa e desenvolvimento em *software* embutido e em produtos para comunicação, através de diversos programas de fomento à pesquisa, com convênios e parcerias com as grandes Universidades do Estado de São Paulo. Para a produção de *software*, conta com mais de 700 engenheiros, considerando os recursos próprios e de instituições parceiras, notadamente aquelas que se caracterizam por investimentos em pesquisa.

Entre outras certificações, a UA2 tem os seus processos certificados pelo modelo de maturidade CMM, nível 3, e se prepara para se equiparar ao modelo CMMI, buscando o nível 4 e, logo em seguida, o nível 5, para alcançar o mesmo patamar de certificação de outras plantas mundiais.

O levantamento de dados para esta dissertação foi feito no escritório da UA2, com o gerente da área de qualidade de *software* embutido (*gerente*), com um engenheiro de qualidade, que exerce a função de *green belt* (*especialista*) e com um coordenador de projetos, que também é engenheiro sênior de *software* (*desenvolvedor*).

3.5.2 Os processos de software

A UA2 executa todos os processos de *software*, faz ainda a auditoria dos mesmos. Os processos de *software* estão definidos e estabilizados, de acordo com as definições das normas ISO/IEC 12207:1998, ISO/IEC TR 15504:2003 e são compatíveis com o Modelo CMMI. Para cada processo, foram desenvolvidos modelos de documentos (*templates*). Cada novo projeto de desenvolvimento ou de manutenção requer uma customização quanto aos processos que serão necessários.

3.5.3 Os projetos Seis Sigma

Há bastante tempo, a organização aplica regularmente a metodologia Seis Sigma em todos os processos industriais. A maioria dos projetos Seis Sigma representam melhorias nos processos, de acordo com planos anuais de investimento em qualidade (Quadro 3-8). Os

objetivos dos outros projetos são investigar e resolver os problemas que apresentam um grau de severidade tal que possa comprometer os compromissos com os clientes (Quadro 3-9).

A origem dos processos Seis Sigma pode estar no produto entregue, nos usuários, nos aspectos de gerenciamento, nos processos de desenvolvimento, nos desenvolvedores ou em qualquer um dos recursos empregados. As principais causas das falhas são devidas a erros humanas, sistema de trabalho incorreto e não assimilado pelos desenvolvedores, aspectos técnicos ou de padrões adotados.

Quadro 3-8 Resultados de desempenho de processos

(fonte: UA2)

<i>Detalhes</i>	<i>Meta</i>	<i>Desempenho registrado</i>
Satisfação de clientes (escala de zero a 10)	8,8	8,5
Defeitos pós entrega (nível sigma)	5,95	5,7
Defeitos na construção (#defeitos/Kloc)	0,6%	0,8%
Redução do tempo de ciclo (Fator)	1,6	1,62
Produtividade da localização de defeitos (Fator)	7,2	7,8
Prazo de entrega (% de projetos)	94,7%	94,8%

Quadro 3-9 Exigência de clientes ou desempenho de fornecedores

(fonte: UA2)

<i>Principais exigências</i>	<i>% importância</i>
Satisfação dos clientes	23 %
Métricas de qualidade (defeitos) dos processos envolvidos	20 %
Capacitação das equipes terceirizadas	19 %
Métricas de produtividade	16 %
Evidências de planejamento	14 %
Outros motivos	8 %

O *gerente* destacou o crescimento do uso de equipes terceirizadas e, ao mesmo tempo, o aumento da preocupação da gerência sênior em relação à capacitação gerencial das equipes externas em relação aos aspectos de gerenciamento de projeto, uso de métricas e técnicas estatísticas.

O uso do Seis Sigma para a produção de *software* tem sido incentivado, na UA2, a partir do momento em que ela intensificou a participação de terceiros nos processos de desenvolvimento. O Seis Sigma faz parte do conjunto de técnicas gerenciais que envolvem todas as áreas relacionadas com o negócio da organização.

Todos os gerentes sênior são certificados em gerenciamento de projetos e no nível *green belt* para o Seis Sigma, além de outras certificações conforme a sua área de atuação. Todas as decisões gerenciais são previamente testadas em sistemas de apoio à decisão e somente aquelas cujo resultado na simulação atingem um determinado nível são implementadas automaticamente.

Os projetos Seis Sigma são, via de regra, de pequena monta, curta duração e envolvem todos os integrantes das equipes de desenvolvimento, que se constituem em alvos dos projetos de melhoria. O intuito, com isso, é popularizar a cultura sobre controles estatísticos, especialmente com as gerências das equipes externas.

3.5.4 Os processos Seis Sigma

Para a implementação da filosofia Seis Sigma, os principais procedimentos foram: definição de um executivo líder; levantamento dos benefícios e dos principais focos de problemas ou melhoria; garantia de recursos necessários para os projetos Seis Sigma; concordância entre o corpo gerencial; definição de critérios para a seleção de projetos Seis Sigma; e criação de um *staff* para assuntos estatísticos e quantitativos.

Para a reciclagem dos objetivos do Seis Sigma, os processos foram: conscientização e treinamento de gerentes de equipes externas; conscientização e treinamento de coordenadores e líderes de equipes; identificação dos principais problemas e oportunidades de melhoria (estabelecimento dos CTQs); definição de algumas metas; detalhamento dos critérios de seleção e priorização dos projetos Seis Sigma; determinação de um método customizado para a execução dos projetos Seis Sigma; adaptação do método para novos projetos e execução de

um ou mais projetos piloto.

Cada projeto tem autonomia para executar apenas os processos que são estritamente necessários, de acordo com um conjunto padronizado de processos (Quadro 3-10). No final do projeto, é exigida a documentação e discussão em conjunto sobre as lições aprendidas.

Quadro 3-10 Processos Seis Sigma

(fonte: UA2)

Etapa	Processo	Detalhes
Seleção dos Projetos	Análise da viabilidade técnica	Análise do Escopo, Custo, Prazo e Capacidade (Voz do Processo – VOP)
	Aprovação pelo Cliente (*)	Análise da necessidade do cliente (Voz do Cliente – VOC)
	Aprovação pela Gerência Sênior (*)	Análise da importância e retorno financeiro (VOM – Voz da Gerência)
Execução do Projeto	Definição dos detalhes	Estudo detalhado do escopo do problema e determinação dos recursos necessários
	Medição da situação atual	Levantamento de dados detalhados do problema e dos efeitos
	Análise	Análise das causas-raiz, causas secundárias e identificação de alternativas
	Teste	Teste da nova solução
	Finalização	Aprovação formal dos envolvidos e planejamento de mudança
Implantação	Implantação	Implantação da nova solução
	Registro e Documentação	Revisão de toda documentação do projeto, análise dos indicadores
	Controle	Acompanhamento da eficácia da solução
Institucionalização	Disseminação	Divulgação das boas práticas, principalmente junto a terceiros
Acompanhamento	Gerenciamento	Gerenciamento de todos os processos
	Gerenciamento de terceiros	Gerenciamento das atividades realizadas por terceiros
	Melhoria contínua	Busca constante de melhoria nos processos
	Treinamento das equipes	Treinamento das equipes com dados coletados dos projetos que estiverem sendo executados
(*) somente para projetos Seis Sigma <i>ad-hoc</i>		

Para efetivação dos processos Seis Sigma é utilizada grande parte das ferramentas estatísticas recomenda pela literatura de Estatística. Além disso, são utilizados os delineamentos de experimentos (para os projetos de novas tecnologias ou nova linha de produtos), bem como

análises de custo - benefício em relação aos fornecedores de serviço especializado, além do *brainstorming*, o QFD, o FMEA, o cálculo de capacidade do processo, o diagrama de causa-efeito, o diagrama de Pareto (ver modelo na Figura 3-4), a carta de controle (ver modelo na Figura 3-5), círculos da qualidade com práticas do *lean thinking*.

Figura 3-4 Exemplo de Diagrama de Pareto

(fonte: UA2)

Figura 3-5 Exemplo de Carta de Controle

(fonte: UA2)

3.5.5 Os resultados obtidos

Os principais resultados percebidos pela organização são:

- melhoria geral no nível de conhecimento dos processos pelos desenvolvedores externos;
- melhoria no conhecimento das necessidades dos fornecedores de *software*;
- redução substancial no retrabalho;
- melhoria na qualidade dos levantamentos de requisitos e na documentação em geral;
- melhoria no cumprimento dos prazos dos serviços internos de inspeção e testes;
- redução das variações percentuais entre as previsões e as realizações.

3.5.6 As lições aprendidas

A principal lição aprendida pela UA2 foi a preparação do corpo gerencial e técnico com os conhecimentos estatísticos, especialmente as gerências e equipes de terceiros.

Foi destacado também que os pontos-chave de sucesso dos projetos Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software* são os seguintes:

- preparação do corpo de especialistas estatísticos com os conhecimentos do desenvolvimento de *software*;
- reconhecimento de que o controle da situação é o “coração” da implementação do Seis Sigma;
- a necessidade de formalismo na documentação de todas as ações tomadas em relação à melhoria da qualidade dos processo.

3.5.7 As limitações do Seis Sigma

A principal limitação do Seis Sigma está relacionada com os processos não automatizados, como as reuniões com clientes e fornecedores e, ainda, muitas atividades dos desenvolvedores, como modelagem sistêmica.

3.5.8 Comentários gerais

Todas as informações prestadas pelo especialista e pelo desenvolvedor tiveram que ter a autorização do gerente. Não houve divergência significativa entre os depoimentos, a menos no nível de detalhe, entre os três entrevistados, o que denota que, quanto mais operacional for uma atividade, mais detalhado é o conhecimento que o ocupante do cargo tem sobre o assunto.

Observa-se também que não foi autorizada a publicação de dados, registros, processos e outras informações que poderiam enriquecer sensivelmente as interpretações.

3.6 Unidade de Análise – UA3

3.6.1 Caracterização da Unidade de Análise

A Unidade de Análise 3 (UA3) é um instituto de pesquisa sediado na cidade de Campinas (SP), fundado com o propósito de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações que envolvem Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), bem como a formação e capacitação profissional nesta área de conhecimento. No início de suas operações, contou com o aporte de capital público na forma de incentivos fiscais.

Pelo fato de viabilizar aos clientes os benefícios proporcionados pela Lei de Informática, seu portfólio de clientes é formado por empresas de grande porte desenvolvedoras e integradoras de *software*. Desenvolve projetos de âmbito global altamente complexos para estas empresas e grande parte da receita é investida em projetos de pesquisa e desenvolvimento em *software*. Seus concorrentes diretos são os institutos criados com o mesmo objetivo.

Com uma gestão dinâmica, orientada pelas oportunidades do mercado, e uma estrutura enxuta, ágil, flexível, de baixo *overhead* e altamente qualificada, teve seus processos-chave certificados segundo as normas de qualidade ISO 9001 e de maturidade pelo CMMI nível 3.

Os produtos de *software* respondem por mais de 80% do faturamento e atendem as linhas de

softwares embarcados, aplicativos voltados à gestão de negócios, otimização e simulação de processos de manufatura e também aplicativos dedicados à produtividade no desenvolvimento de *software*.

O levantamento de dados para esta dissertação foi feito no escritório da UA3 em Campinas (SP) com a gerente da qualidade (*gerente*), com um *black belt* (*especialista*) e uma das gerentes de desenvolvimento de *software* (*desenvolvedor*).

3.6.2 Os processos de software

Todos os clientes têm processos de desenvolvimento de *software* definidos e certificados por modelos de alta maturidade. Por esta razão, exigem o mesmo nível de qualidade e maturidade de seus fornecedores. Para que possa atender ao mesmo tempo diversos modelos de estruturação de processos de *software*, a UA3 desenvolveu um modelo próprio, altamente flexível.

É diretriz da UA3 somente desenvolver projetos de acordo com o modelo de desenvolvimento, independentemente da exigência do cliente. O modelo interno está totalmente alinhado com as áreas de processo do modelo de maturidade CMMI e da norma NBR ISO/IEC 12.207:1998 e, por isso, suporta qualquer modelo específico de algum cliente. Todos os processos estão definidos, estabilizados e padronizados, o que contribui de forma positiva para treinar e capacitar os desenvolvedores.

Cada projeto representa uma instância do modelo padrão de processos e contém apenas aqueles processos, práticas e artefatos que lhes são necessários. Esta customização envolve o nível de *atividades* e *tarefas*, mantendo-se o perfil em nível de *processos*, isto é, planejamento, projeto e execução. Tanto a produção de novos *softwares*, como a manutenção posterior, são feitas somente por encomenda.

Foi um fato motivador e gratificante para os desenvolvedores descobrir que a ação de “definir

processos de *software*” nada mais significou do que traduzir em palavras o que realmente era executado. No início, a resistência foi grande, pela falta de conhecimento de como “descrever o processo”. No entanto, vencida a resistência inicial, isto se transformou em um FCS para a melhoria dos processos de desenvolvimento.

Uma parte do desenvolvimento é terceirizada, sendo que a gestão dos recursos humanos ora é feita internamente ora é também contratada. Todos os engenheiros de *software*, independentemente do fato de serem mão-de-obra própria ou de terceiros, recebem treinamento específico sobre os processos de desenvolvimento adotados pela UA3 e exigidos pelos clientes. As necessidades de treinamento são acusadas pelas métricas de defeitos pós entrega e de produtividade. Além disso, existe um fluxo significativo de interesse em treinamento por parte dos desenvolvedores, no sentido de se capacitar e contar com o apoio da organização (efeito sinérgico).

Uma das maiores dificuldades apontadas pela UA3 reside na capacitação dos gestores externos, quando é feita a contratação para o desenvolvimento de um produto. Via de regra, os gestores externos são avessos a qualquer tipo de controle. Para minimizar este problema, tem se tornado um dos itens mais importantes da seleção de fornecedores, a demonstração da qualificação dos gestores externos, em relação aos seus conhecimentos de gestão de projetos, manuseio de técnicas estatísticas e gestão de pessoas.

3.6.3 Os projetos Seis Sigma

O Seis Sigma é entendido na UA3 como uma metodologia capaz de alavancar melhorias de processo de desenvolvimento de *software*, mantendo-as sintonizadas às necessidades estratégicas do negócio. Em relação à política da qualidade, missão e visão, ele é percebido como um meio de tornar as declarações inteligíveis, mensuráveis, práticas e objetivas.

Ter grandes corporações como clientes é ao mesmo tempo um FCS e uma restrição, pela falta de uma identidade própria a respeito da qualidade. Neste aspecto, o Seis Sigma assume o

papel de indicador do nível de qualidade necessário para que a UA3 enfrente o mercado.

Todo o corpo diretivo e gerencial é altamente capacitado em questões de qualidade, o que garante o apoio contínuo, irrestrito e pró-ativo a todas as ações neste sentido. Todos os líderes de projetos são treinados quanto a técnicas de gerenciamento de projetos, liderança, gestão do tempo e estatística básica e, ainda, muitos estão obtendo formação específica na metodologia Seis Sigma.

A escolha pelo uso da metodologia Seis Sigma ocorreu porque os maiores clientes já o utilizam nas suas atividades produtivas de *software*. A comunidade mundial de alta maturidade, que adota o modelo CMMI, entende que a metodologia Seis Sigma atende plenamente o modelo e ainda alinha os esforços de melhoria com as decisões estratégicas e os objetivos empresariais. Os fundamentos iniciais do Seis Sigma começam a se manifestar quando do detalhamento dos processos de trabalho (nível 3) e se consolidam quando a empresa institucionaliza a melhoria contínua (nível 5).

As falhas podem estar ligadas aos padrões empregados, ao ambiente computacional, às pessoas ou às técnicas empregadas. A origem dos processos Seis Sigma pode estar no produto entregue, na comunidade usuária, nos aspectos de gerenciamento, nos processos de desenvolvimento, nos desenvolvedores e em qualquer um dos recursos empregados.

Os fatores críticos de sucesso para a implementação do Seis Sigma são:

- treinamento constante, uma vez que pensar estatisticamente não é uma usual para a maioria das pessoas;
- ganho de motivação e a oportunidade que as pessoas têm de sentir que os clientes estão percebendo a melhoria;

- apoio e comprometimento reais, intensos e explícitos por parte da alta direção e dos patrocinadores do projeto (*sponsors* e *champion*), para evitar o descrédito das pessoas;
- conscientização de que o Seis Sigma é uma ferramenta estratégica e não um simples controle;
- explicitação de todos os problemas identificados, mesmo que exista mais de um problema na mesma instância do processo, sob pena também de se perder a credibilidade no sistema de melhoria;
- designação de um projeto-piloto, para que todas as pessoas percebam as dificuldades e os benefícios que o Seis Sigma pode trazer para a organização.

3.6.4 Os processos Seis Sigma

Os primeiros projetos Seis Sigma devem ser orientados para melhorias, tendo como base as métricas geradas nos processos técnicos e gerenciais relativos aos novos projetos e aos projetos de manutenção.

Os primeiros os pontos de interesse deverão ser: o esforço da equipe (planejado x realizado); a acuracidade de estimativas; o tamanho dos produtos entregues; a complexidade dos projetos; a inspeção e os testes. O interesse em controlar o tamanho dos produtos entregues se deve ao fato de serem *softwares* embutidos em produtos de alta tecnologia que precisam de *softwares* de pequeno tamanho e alta funcionalidade.

Para os projetos de manutenção, o interesse deverá ser o entendimento do escopo, os defeitos, as horas de suporte e a severidade dos defeitos embutidos.

No segundo momento, os projetos Seis Sigma devem ser orientados para a gestão de projetos para controlar o esforço, o prazo (*on-time delivery*), a acuracidade dos documentos de especificação, a disponibilidade da equipe.

Além disso, a melhor orientação para os projetos Seis Sigma deve ocorrer de baixo para cima (*bottom-up*), isto é, a partir das atividades operacionais, pois elas tem uma melhor visão das oportunidades de melhoria e dos problemas, além de manter contato amigável com os clientes.

No momento, como a UA3 pretende ganhar proficiência no uso do Seis Sigma, entende que o método DMAIC é o mais adequado. Para a implementação da filosofia Seis Sigma, os processos tem sido os seguintes: percepção pela alta direção; contratação de uma consultoria especializada; conscientização dos gerentes; definição de um executivo líder; levantamento dos possíveis benefícios e dos principais focos de problemas ou melhoria; garantia de recursos necessários para os projetos Seis Sigma; concordância entre o corpo gerencial, principalmente das equipes terceirizadas ; definição de critérios para a seleção de projetos Seis Sigma; e criação de um *staff* para assuntos estatísticos e quantitativos.

Para a reciclagem dos objetivos do Seis Sigma, os processos estabelecidos foram: conscientização e treinamento de coordenadores e líderes de equipes; identificação dos principais problemas e oportunidades de melhoria (estabelecimento dos CTQs); definição de algumas metas; detalhamento dos critérios de seleção e priorização dos projetos Seis Sigma; determinação de um método customizado para a execução dos projetos Seis Sigma; adaptação do método para novos projetos e execução de um ou mais projetos piloto.

Mesmo assim, a UA3 percebe que existe necessidade de adaptar os processos do Seis Sigma, no que se refere ao controle das ações, fazendo um alinhamento com outros esforços de melhoria, além do alinhamento da equipe, execução de um projeto piloto, registro de documentação, padronização e disseminação dos resultados. Para o início a UA3 está utilizando um método alternativo e mais simples, é o método EDTI (Entender, Desenvolver, Testar e Implantar definitivamente), que está orientado para processos de trabalho com intensa participação das pessoas é intensa. Neste método, a fase “Testar” deve ser utilizada como uma técnica didática para conscientizar as pessoas.

A UA3 admite que os projetos Seis Sigma devem ser tratados de forma *matricial*: o reconhecimento de um problema deve ser feito de forma *vertical* (envolvendo as fases de desenvolvimento), enquanto a resolução deve ser feita de forma horizontal, envolvendo todas as áreas envolvidas.

Os limites de controle dos processos, bem como o cálculo de capacidade, são determinados a partir do histórico dos projetos, enquanto os limites de especificação e os ajustes da capacidade são determinados em conjunto pelas equipes e/ou por alguma exigência dos clientes. Não se descarta o *feeling* gerencial para ajustar as novas metas.

A UA3 acredita que é necessário investir um tempo razoável para identificar corretamente as causas-raiz dos problemas. Este procedimento torna-se necessário, na medida em que uma mesma instância de um processo pode ocasionar mais de um problema. Normalmente, cada problema tem exigido uma ação específica para a sua solução. Havendo mais de um problema para uma mesma situação, torna-se necessária também a priorização dos problemas para, então, solucioná-los um a um. Além disso, os projetos devem ser executados de forma sistemática e automática, sem que estejam sujeitos à esfera da decisão das pessoas.

A influência de fatores que oferecem menos oportunidades de controle não interfere na tomada de decisão para eleger o processo; o que conta, na verdade, é que exista um problema real ou uma oportunidade de melhoria e que o resultado possa ser perpetuado.

A avaliação e a auditoria dos trabalhos dos responsáveis pelo Seis Sigma ainda não foram sistematizadas, mas a empresa acredita que este é um procedimento que deve ser feito, da mesma forma como o trabalho da qualidade é auditado. Além disso, a melhoria de processos tem-se tornado uma prática natural das equipes, através de estudo e discussões informais. Esses grupos se reúnem periodicamente para estudar tópicos específicos. Concordaram os entrevistados que, embora ainda não tenham desenvolvido projetos Seis Sigma de forma efetiva, a UA3 tem procurado se exercitar em algumas técnicas para tratamento de problemas,

tais como: brainstorming, FMEA, diagrama de causa-efeito e cálculo da capacidade dos processos.

3.6.5 Os resultados obtidos

Conquanto o projeto Seis Sigma esteja ainda na fase de concepção, a UA3 tem claro para si que conhecer quantitativamente os processos e a sua variabilidade é conhecer as suas características por meio dos resultados de trabalho e não pela simples percepção, intuição ou *feeling* das pessoas.

3.6.6 As lições aprendidas

Até o momento, as principais lições aprendidas pela UA3 estão relacionadas com a importância do aprendizado de cada nova faceta do Seis Sigma. Segundo os entrevistados, as lições aprendidas até o momento estão relacionadas com:

- o conhecimento que pode ser comunicado e multiplicado: não adianta guardar o conhecimento para si;
- a importância da educação e da padronização do trabalho proporcionados pela adoção de uma metodologia;
- a possibilidade de inovar sobre o tipo de controle mais adequado, como: medir o esforço por atividade e por etapa, fazer o cálculo do *cycle-time* corrente e não somente calculá-lo no final do processo;
- a motivação da equipe ao perceber que descrição de uma atividade, é uma “coisa normal”, ou seja, é a tradução do que “se faz realmente”;
- a divisão da responsabilidade sobre o sucesso da implementação do projeto Seis Sigma.

3.6.7 As limitações do Seis Sigma

As principais limitações do Seis Sigma, que foram percebidas até o momento, são:

- a falta de confiança das pessoas e a sua resistência em mudar;

- o desalinhamento entre a metodologia proposta pelo Seis Sigma e o que acontece na prática nos projetos de desenvolvimento de *software*. O Seis Sigma exige um planejamento inicial muito detalhado e preciso, pois é necessário saber exatamente qual é o problema, antes de resolvê-lo. No desenvolvimento de *software*, o nível de precisão ocorre de forma exatamente inversa. Inicialmente, o nível de conhecimento é bastante superficial, da mesma forma que o risco é muito alto. No decorrer do projeto, o risco diminui à medida que aumenta o nível de conhecimento. Para lograr êxito, o Seis Sigma deve necessariamente agir da mesma forma;
- o Seis Sigma não oferece um tratamento adequado para a manipulação da prioridade das ações durante o projeto. Por esta razão, o *feeling* da equipe é essencial para atingir o pontos não tratados pelo Seis Sigma. Sem isso, corre-se o risco de se enfatizar ações puramente acessórias, que não resultam em nada. Em outras palavras, às vezes, “tentar ser extremamente objetivo, vai além de ser prático e objetivo”;
- o Seis Sigma não oferece uma técnica própria para que se possa dimensionar claramente a quantidade adequada de controle. Da mesma forma que *pouca métrica* dificulta uma tomada de decisão (pouca informação sobre o assunto), o inverso também é verdade; o *excesso de métricas* acarreta perda de tempo, de produtividade e de eficiência do tomador de decisão.

3.6.8 Comentários gerais

Houve divergência entre os tipos de projetos Seis Sigma que devem ser implementados, considerando-se a opinião da *gerente*, do *especialista* e do *desenvolvedor*. Isto denota o interesse das pessoas em conhecer mais e mais esta metodologia e a baixa experiência adquirida.

Observou-se também a ênfase dada pelo *especialista* e pelo *desenvolvedor* para a dificuldade de um entender a linguagem e as necessidades do outro. Este entendimento está sendo feito de

forma gradual, através de reuniões periódicas e de estudo de Estatística por parte do desenvolvedor e de estudo de Engenharia de *Software* por parte do especialista.

Por outro lado, o *desenvolvedor* fez questão de registrar o alto nível de interesse e motivação com a possibilidade de perceber a satisfação do cliente na melhoria dos processos e a apresentação dos resultados de forma quantitativa.

3.7 Unidade de Análise - UA4

3.7.1 Caracterização da Unidade de Análise

A quarta Unidade de Análise (UA4) é uma empresa especializada em desenvolvimento de *software* específico, integração de aplicações, consultoria em processos empresariais e serviços em *outsourcing*. Ela tem destacada atuação em diversos segmentos da indústria no Brasil, América Latina e EUA.

É reconhecida pelos seus clientes pela excelência na gestão de projetos, domínio da tecnologia e pela capacitação do corpo técnico. Aplica padrões internacionais nos seus processos de desenvolvimento (RUP), gestão (PMI), qualidade dos produtos (ISO9000) e maturidade dos processos (CMMI).

Desenvolve e patrocina projetos de pesquisa na área de Engenharia de *Software*, especialmente em técnicas de reuso, componentização e geração automática de código para diversos ambientes computacionais (portais corporativos, *e-business*, sistemas legados *client-server* e *mainframe*, tecnologia multimídia, entre outras demandas). Investe em inovação tecnológica através de centros de pesquisa junto a renomadas universidades. Seus processos estão certificados no nível 4 pelo modelo de maturidade CMMI.

O levantamento de dados para esta dissertação foi feito no escritório da UA4 em Campinas (SP), com a gerente da qualidade (*gerente*), com um analista de testes (*desenvolvedor*) e com uma analista estatística (*especialista*).

3.7.2 Os processos de software

O processo de desenvolvimento está totalmente definido e permite que projetos específicos incorporem apenas os processos, conteúdos e artefatos que lhe forem próprios, sem deixar de cumprir as regras estabelecidas nos guias de customização definidos pelo SEPG da UA4.

O levantamento e especificação dos requisitos funcionais e não-funcionais, assim como o trabalho de definição da arquitetura e implantação da solução no ambiente alvo são realizados por equipes de consultores alocados junto aos clientes.

Em alguns projetos, a UA4 deve desenvolver o *software* de acordo com o modelo de processo do cliente, o que envolve, frequentemente, a entrega de artefatos produzidos de acordo com modelos fornecidos pelo cliente e a flexibilidade do processo de desenvolvimento.

Tendo em vista a dispersão geográfica dos clientes, a UA4 mantém equipes de consultores nas regiões onde estão concentrados seus clientes, facilitando assim a comunicação com o cliente e a pró-atividade nas negociações. O maior problema notado nestes casos é a falta de qualificação técnica gerencial, em relação às técnicas de gerenciamento quantitativo de projetos. Isto tem levado a UA4 a promover treinamento regular desses gestores e os obrigado a fazer o controle de acordo com as exigências. A entrega desses artefatos de controle faz parte da homologação dos produtos entregues.

3.7.3 Os projetos Seis Sigma

O Seis Sigma é considerado pela UA4 uma metodologia adequada para utilização somente quando a UA4 atingir o CMMI nível 5, etapa em que deverá proporcionar muito mais benefícios *internos* do que benefícios para o mercado. No momento, a UA4 tem plena consciência que vem utilizando diversas práticas sugeridas pelo Seis Sigma e isto faz parte do ganho de proficiência nesta metodologia. Contudo, atualmente não o querem praticar sistemicamente.

Quando implementado, o Seis Sigma estará voltado para apoiar as melhorias dos processos e

para a institucionalização do uso das métricas. A sua adoção deverá seguir o mesmo caminho que outras iniciativas da qualidade, isto é, primeiramente uma análise mais detalhada em relação aos seus benefícios e, em seguida, um treinamento intensivo e sua adaptação às necessidades da empresa; finalmente, o uso efetivo e sistêmico. A origem dos processos Seis Sigma poderá estar no gerenciamento, nos processos de desenvolvimento, nos usuários, nos desenvolvedores, nos recursos ou na tecnologia empregada, exatamente como tem se comportado as ações de melhorias executadas até o momento. As causas das falhas deverão ser as mesmas, isto é, técnicas, humanas ou relacionadas com os padrões utilizados. Não existe ainda o interesse de se erradicar as causas de todos os problemas, pois eles são muitos e dependem da diversidade de projetos de desenvolvimento realizados.

Os objetivos do Seis Sigma (medição do desempenho e da capacidade dos processos, redução da variabilidade, aumento da qualidade e aumento da satisfação dos clientes) já vem sendo trabalhados paulatinamente pela UA4 através de um forte programa de métricas. Por isso, quando de sua adoção oficial, não deverá apresentar grandes dificuldades, pois ele não será uma metodologia estranha para a organização.

Há bastante tempo, a UA4 mantém um conjunto razoável de métricas para gerenciar as principais ocorrências relacionadas com o desenvolvimento de *software*, isto é, tamanho, esforço, defeitos e satisfação dos clientes. As métricas relacionadas com o esforço detalham diversos aspectos da produtividade da mão-de-obra, por fase do desenvolvimento. A satisfação dos clientes é acompanhada através de métricas relacionadas com a quantidade de defeitos durante o processo de desenvolvimento e após a entrega do produto. Quanto aos principais tipos de defeitos, são: defeitos total, defeito no teste, na aceitação e produtos em fase de produção.

O uso sistemático de técnicas quantitativas para analisar as causas das principais questões de qualidade levantadas pelos clientes, assim como a produção de estimativas com alto grau de

assertividade e nível adequado de granularidade, clareza e objetividade tem resultado em um aumento de confiabilidade dos clientes e em um aumento do volume de negócios.

Contudo, ainda falta na UA4 um conjunto de métricas relacionadas com a gestão dos processos junto aos clientes, ou seja, falta gerar informações relativas ao escopo, esforço e custo, gerência de requisições de mudança e comunicação executiva.

De uma maneira geral, os clientes valorizam muito mais uma certificação CMMI de alta maturidade do que a utilização da metodologia Seis Sigma. Em função deste ponto de vista, a UA4 ainda não tem realizado maiores investimentos nem investido esforços para o emprego desta metodologia.

Seja como for, cabe observar que a certificação no nível 4 CMMI estimulou a utilização de técnicas estatísticas mais elaboradas, como a correlação estatística para identificação de influência entre sub-processos e o recálculo ágil de novas previsões de prazo e custo.

A sistemática de resolução de problemas na empresa envolve a priorização dos itens identificados de acordo com seu impacto no negócio. Isso faz com que as ações sejam mais focadas e os resultados mais efetivos, evitando a dispersão do esforço de melhoria de processo.

3.7.4 Os processos Seis Sigma

A UA4, embora ainda não pratique sistematicamente o Seis Sigma na melhoria de seus processos de *software*, entende que o DMAIC é um método-base, mas que deve receber algumas adaptações, tais como: registro e documentação da melhoria atendida e disseminação das melhorias.

Para a implementação da filosofia Seis Sigma, os processos foram os seguintes: percepção pela alta direção; conscientização e concordância dos gerentes; definição de um executivo líder; levantamento dos possíveis benefícios e dos principais focos de problemas ou melhoria;

garantia de recursos necessários para os projetos Seis Sigma, concordância entre o corpo gerencial e contratação de um especialista em Estatística. Além disso, os coordenadores e líderes de projetos estão sendo treinados e conscientizados e a UA4 está estudando os métodos para as adaptações necessárias. Para o acompanhamento da implementação do Seis Sigma, dois processos são executados, ou seja, o gerenciamento contínuo dos processos e busca de melhoria contínua.

Das técnicas recomendadas pela literatura sobre o Seis Sigma, a UA4 utiliza a análise custo-benefício, o *brainstorming*, o diagrama de Pareto, o diagrama de causa-efeito e as cartas de controle.

3.7.5 Os resultados obtidos

Não se aplica.

3.7.6 As lições aprendidas

A única lição aprendida até o momento é que os esforços pela qualidade ganham visibilidade em toda a organização e acabam contaminando positivamente as pessoas.

3.7.7 As limitações do Seis Sigma

As principais dificuldades esperadas na implementação do Seis Sigma são:

- divulgação dos conhecimentos exigidos pela metodologia;
- adaptação operacional da empresa ao novo método, considerando o treinamento e a capacitação de um novo perfil de especialista (*green-belts* e *black-belts*);
- preparação de sistemática automatizada para coletar dados do processo a ser melhorado. Neste ponto, a UA4 tem uma sistemática já implementada e que vem apresentando um bom funcionamento;
- burocracia em excesso, fazendo com que o controle se torne mais importante do que o processo que é alvo da melhoria.

3.7.8 Comentários gerais

Nada de interesse a registrar, além de que não houve divergência no depoimento dos entrevistados.

3.8 Unidade de Análise – UA5

3.8.1 Caracterização da Unidade de Análise

A Unidade de Análise 5 (UA5) é uma organização desenvolvedora de *software* com expressiva presença no mercado brasileiro, voltada para produtos específicos de controle industrial (gerenciamento da disponibilidade de materiais, tratamento do chão de fábrica, manutenção industrial e gerenciamento da qualidade). A UA5 foi criada a partir da terceirização das atividades de desenvolvimento de sistemas de um grupo industrial.

A alta administração é constituída de ex-gerentes. Este fato explica porque diversos conceitos, práticas, técnicas e metodologias foram “transportados” para a gestão do desenvolvimento de *software*.

O levantamento de dados foi feito com um dos diretores da UA5 (*gerente*) e com o responsável pelo desenvolvimento (*desenvolvedor*) e com uma pessoa da área administrativa que cuida do controle de toda a documentação produzida e é responsável pela preparação dos dados estatísticos das operações realizadas (*especialista*).

3.8.2 Os processos de software

A atividade de desenvolvimento sempre foi encarada pelos gestores como uma atividade produtiva, cuja matéria-prima primordial era o tempo do desenvolvedor. No início das suas atividades como empresa autônoma, que prestava serviço única e exclusivamente para a indústria na qual eram apenas o departamento de desenvolvimento de sistemas, não tiveram problema algum em atender as demandas nos prazos combinados. Contudo, quando a exigência passou a ser menos condescendente, a UA5 não tinha mais a possibilidade de contar

com um trabalho de terceirização ou com a contratação de novos desenvolvedores, pois não mais conseguia repassar o custo dessas alternativas.

3.8.3 Os projetos Seis Sigma

Inicialmente, o foco do gerenciamento, que se pautava pelos mesmos critérios de excelência industriais, isto é, buscar continuamente a estabilidade e a boa convivência entre os planos de produção, as manutenções e a produção, passou a ser gerido pelas necessidades dos clientes, isto é, presteza no atendimento e flexibilidade para a mudança de requisitos.

A UA5 logo percebeu que, não podendo contar com a capacidade adequada, não conseguiria atender a demanda, o que no limite, impediria atingir o nível de rentabilidade esperado e, ainda, poderia afetar negativamente a satisfação dos clientes. Por outro lado, se exagerasse na quantidade de recursos disponíveis, criaria uma ociosidade que lhe corroeria a rentabilidade. Quanto mais projetos concorressem pelos mesmos recursos, mais a situação se agravaria.

Aproveitando-se o conhecimento gerencial sobre a metodologia Seis Sigma e sobre outras técnicas estatísticas, percebeu-se que o esforço aplicado no desenvolvimento era o recurso mais importante. A disponibilidade dos recursos deveria ser considerada como a medida da capacidade do processo. Além disso, uma das causas mais importantes da variabilidade do esforço empregado era a realocação constante dos recursos (volume e frequência) entre os projetos, o que fazia com que o cálculo das estimativas não refletisse a real capacidade da organização.

Outra experiência narrada pela UA5 se refere a uma melhoria instituída nos processos de desenvolvimento, com o objetivo de localizar os defeitos embutidos nos *softwares*, os quais são responsáveis por uma considerável quantidade de horas de retrabalho dedicadas para a remoção destes defeitos.

Quanto às causas das falhas, a UA5 tem percepção que elas estão relacionadas aos sistemas de

trabalho ou motivadas por erros humanos. De qualquer forma, o que motiva a ocorrência de falhas é o uso dos recursos humanos sem um controle mais efetivo.

Segundo a Teoria Estatística, as causas comuns de variação dos processos exigem o trabalho de especialistas, tornando-se uma atividade normalmente demorada, diferentemente das causas especiais que são percebidas mais facilmente por aqueles que estão executando a tarefa. Contudo, em organizações de menor porte, como a UA5, é impraticável ter um recurso especialista em Estatística e, ao mesmo tempo, especialista em Engenharia de *Software* para identificar as causas mais comuns de inserção de defeitos em *software*. Por esta razão, criaram um sistema de administração de recursos de mão-de-obra, baseado unicamente na programação das atividades de cada projeto.

3.8.4 Os processos Seis Sigma

A técnica implementada foi a do cálculo dos índices de capacidade c_p e c_{pk} para expressar a capacidade de atendimento, baseada no esforço aplicado em cada uma das atividades e para cada um dos recursos das diversas equipes de desenvolvimento. Para tanto, quando da elaboração do planejamento para cada projeto, são feitas três estimativas do tempo previsto para a execução de cada atividade e de cada recurso: o tempo normal previsto, o tempo mais pessimista (ou o pior tempo, considerando a possibilidade de ocorrer fatos não previstos) e o tempo mais otimista (o ou melhor tempo para realização da atividade).

O índice c_p mede a amplitude total da especificação em relação ao desempenho do processo (e, neste caso é importante a visão do pior e do melhor tempo de execução de uma atividade para confrontá-la com o tempo real em que a atividade está sendo executada). Por outro lado, o índice c_{pk} faz o mesmo cálculo levando em consideração também a meta proposta por um novo projeto (neste caso, o pior tempo e o melhor tempo são fatores utilizados na negociação com o cliente e o estabelecimento das metas).

Esta forma de estimativa e acompanhamento dos tempos de realização das atividades é vital

dada a constante realocação dos recursos é vital para que a organização consiga atender a demanda e obtenha rentabilidade do negócio. A escolha desta prática foi determinada pela necessidade de transmitir aos seus clientes um alto nível de credibilidade nas estimativas produzidas. Como facilitador, a empresa pôde contar com o seu histórico de apontamentos, que vinha sendo construído desde a época em que a UA5 era um departamento de desenvolvimento de sistema da organização que a originou.

A expressão financeira da realocação dos recursos é dada pelo *custo de oportunidade*. Este item representa o ônus pago pelo projeto que tiver que perder o uso do recurso, assim como o ônus de transferência de trabalho de um projeto para outro. A importância deste item é que ele expressa mais fielmente a relação custo-benefício de uma realocação de recursos e, por esta razão, pode ser utilizado como moeda de troca nas negociações com os clientes.

Para resolver a questão da identificação das causas dos defeitos embutidos nos *softwares*, a UA5 resolveu aplicar uma técnica baseada na *visibilidade dos defeitos*, que permite localizá-los mais rapidamente, associada à elaboração de alguns *padrões* de desenvolvimento de *software*. O princípio aplicado foi o de que quanto mais oculto for um defeito, tanto mais difícil e demorada será a sua identificação.

Outra prática registrada pela UA5 é estabelecer, para cada projeto, uma matriz de rastreabilidade (Figura 3-6), formada pelos processos e pelas pessoas que participam do desenvolvimento.

Seqüência de desenvolvimento	Desenvolvedor	Atividade desenvolvida	Erros encontrados	Possível defeito
A			
	B			
	C			
	D			

Figura 3-6 Exemplo de matriz de responsabilidade

(fonte: UA5)

Seu objetivo é registrar quem foram os desenvolvedores e, a cada defeito identificado, localizar o autor, de modo que o defeito seja sanado o mais rapidamente possível (ação de profilaxia no resultado), impedindo assim que ele prossiga na cadeia de desenvolvimento.

3.8.5 Os resultados obtidos

A título de exemplificação do cálculo de capacidade, foram mostrados os resultados de rentabilidade de nove projetos similares, utilizados como piloto.

Em quatro destes projetos, as estimativas de esforço foram calculadas levando-se em consideração os índices c_p e c_{pk} , e nos outros cinco projetos, a mesma estimativa foi feita com base apenas na média geral de cada um dos processos. Nos quatro primeiros projetos, houve uma variação de apenas 5% em relação aos números reais, enquanto os resultados dos demais projetos confirmaram as mesmas oscilações com as quais a empresa estava habituada, que em alguns casos era maior que 60%. Por conseguinte, a rentabilidade dos primeiros projetos apresentou um crescimento de cerca de 20%.

A experiência mostrou que a utilização destes índices propicia uma maior precisão no cálculo da capacidade de processo, no que diz respeito a cada uma das atividades realizadas e a cada um dos recursos individuais que sejam alvos da realocação. Com isso, o valor do custo de oportunidade pode ser melhor estimado e as negociações podem ser feitas com menos risco para a rentabilidade da organização.

Para facilitar a localização dos defeitos, foram escolhidos quatro projetos similares, sendo que dois deles foram construídos com base nos padrões estabelecidos e os outros dois foram construídos da forma tradicional, sem o uso de padrões de programação.

Transcorrido um ano e meio, os resultados do esforço de retrabalho dos dois grupos de projetos foram comparados. Percebeu-se que o esforço despendido para retrabalho nos dois projetos construídos com base nos padrões correspondeu a apenas um terço do tempo

necessário de retrabalho dos outros dois projetos.

3.8.6 As lições aprendidas

Embora o porte da UA5 não permita a adoção de modelos de alta maturidade nem tampouco investir mais em melhoria de processos, constata-se que na UA5 o uso parcial de técnicas recomendadas pelo Seis Sigma é possível, não requer uma estrutura especial e, ainda, conta provavelmente com boas chances de lograr êxito.

Ao invés de grandes investimentos, a UA5 tem procurado algumas práticas oriundas do *Lean Service*, como as seguintes regras básicas:

- cada trabalho deve ter um fluxo definido em termos de especialidades técnicas; por esta razão, tenta-se aproveitar ao máximo a capacidade de um profissional durante a sua participação no projeto;
- usar o conceito da *produção puxada* para a determinação da prioridade, isto é, só fazer o que está sendo solicitado pela atividade seguinte;
- procurar definir atividades e as responsabilidades de forma clara (daí a importância dos padrões de desenvolvimento);
- ter sempre a mão um plano de contingência, principalmente para suprir um determinado recurso, no caso da ocorrência de algo inesperado.

3.8.7 As limitações do Seis Sigma

A UA5 entende que seria extremamente útil investir mais em melhoria dos processos, desde que o custo da qualidade pudesse ser repassado aos clientes ou significasse um aumento expressivo nos negócios.

3.8.8 Comentários gerais

Trazer os resultados do levantamento deste caso foi bastante útil para entender as vantagens em fracionar o Seis Sigma em tantas técnicas, práticas e ferramentas quantas sejam necessárias para aumentar o nível de qualidade dos processos.

3.9 Comparação dos casos estudados

A realização dos estudos de casos múltiplos permitiu entender como as organizações desenvolvedoras de *software* podem incorporar o Seis Sigma na melhoria dos seus processos de *software*. A análise comparativa dos cinco casos tem por objetivo verificar, primeiramente, se as proposições estipuladas para o Estudo de Casos Múltiplos foram atendidas.

Por outro lado, a análise perscruta quais variáveis de controle poderiam ser utilizadas como foco dos projetos Seis Sigma, como cada organização implementa os projetos específicos Seis Sigma e como estes métodos são compostos.

Completando a análise dos casos, avaliam-se também as principais aplicações dos projetos Seis Sigma. Comparam-se os pontos-chave, os benefícios proporcionados, as lições aprendidas e as principais restrições ao utilizar o Seis Sigma para a melhoria de processos de *software*. Julgou-se oportuno, ainda, inserir na análise as considerações dos dois “casos de sucesso” presentes na literatura.

Para cada um dos assuntos analisados, é apresentada primeiramente uma tabela sinóptica e, em seguida, feitos os comentários pertinentes.

Todas as tabelas foram elaboradas de sorte a demonstrar a presença (“S”) ou a ausência (“N”) de um determinado item (linha) em um determinado caso de sucesso ou um dos casos estudados (coluna). No entanto, quando não se sentiu convicção absoluta da presença de um determinado item no caso de sucesso ou no caso estudado, foi feita uma marcação com (“X”).

A análise conjunta das observações determinou que se estipulasse um critério

3.9.1 Verificação das proposições

O Quadro 3-11 mostra a presença ou a ausência de cada uma das variáveis independentes e dependentes nos “casos de sucesso” e nos “casos estudados”.

Como esperado, a participação da UA5 evidencia uma necessidade *ad hoc*, que é a de manter

uma capacidade de atendimento às necessidades dos usuários.

Ao analisar a variável “diversidade dos processos” (Vi9), nota-se que os processos são menos diversos que nas demais; na interpretação do pesquisador, isto ocorre porque existe uma preocupação com a padronização e a estabilidade dos processos, o que acaba sendo transmitido para os clientes; é o que provavelmente ocorra no caso de sucesso 1, na UA1 e UA2.

Quadro 3-11 Presença das variáveis nos casos de sucesso e nos casos estudados

(fonte: o autor)

Variáveis independentes e dependentes		Casos de Sucesso		Casos estudados				
		1	2	1	2	3	4	5
Vi1	Pressão/expectativa dos clientes para as melhorias	S	S	S	S	S	S	N
Vi2	Comprometimento e capacitação gerencial / alta direção	S	S	S	S	S	S	S
Vi3	Ações de melhoria explícitas / frequentes	S	S	S	S	S	S	N
Vi4	Grande quantidade de participantes	S	N	S	S	S	N	N
Vi5	Frequente mudança de requisitos	S	S	S	S	S	S	S
Vi6	Diversas oportunidades de melhoria	S	S	S	S	S	S	S
Vi7	Inovação na metodologia e na tecnologia	N	S	S	S	S	S	N
Vi8	Diversidade na equipe	S	N	S	S	S	S	N
Vi9	Diversidade dos processos	N	N	N	N	S	S	N
Vi10	Diversidade dos clientes	S	S	S	S	N	S	S
Vd1	Impacto na satisfação dos clientes	S	S	S	S	S	S	S
Vd2	Rentabilidade dos negócios	S	S	S	S	S	S	S
Vd3	Novos clientes e negócios	S	S	S	S	S	S	S
Vd4	Grande quantidade de negócios	S	N	S	S	S	S	S
Vd5	Mudança na prioridade dos critérios de avaliação	S	S	S	S	S	S	S
Vd6	Oportunidade de novas Lições	S	S	S	S	S	S	N
Vd7	Evolução da equipe	N	S	S	S	S	S	N
Vd8	Mais de um atributo a medir	S	S	S	S	S	S	S
Vd9	Diferentes formas de medir	S	S	S	S	S	S	S
Vd10	Diferentes formas de avaliar	S	S	S	N	N	S	N

O Quadro 3-12 assinala a relação prevista entre as variáveis independentes e as variáveis dependentes. Estes apontamentos servem para a constatação das proposições do estudo de

caso múltiplo.

Quadro 3-12 Relacionamento entre as variáveis independentes e dependentes

(fonte: o autor)

	Relação das variáveis	Casos de Sucesso		Casos estudados					Validação da Proposição
		1	2	1	2	3	4	5	
1	Vi1 x Vd1	S	S	S	S	S	S	X	Sim
	Vi2 x Vd2 e Vd3	S	S	S	S	S	S	S	
	Vi3 x Vd2 e Vd3	S	S	S	S	S	S	X	
	Vi4 x Vd4	S	N	S	S	S	X	X	
2	Vi5 x Vd5	S	S	S	S	S	S	S	Sim
	Vi6 x Vd6	S	S	S	S	S	S	X	
	Vi7 x Vd7	N	S	S	S	S	S	N	
3	Vi8 x Vd8 e Vd9	S	X	S	S	S	S	X	Sim
	Vi9 x Vd8 e Vd9	X	X	X	X	S	S	X	
	Vi10 x Vd10	S	S	S	X	N	S	X	

A avaliação da experiência com o Seis Sigma nas unidades de análises UA1, UA2, UA3 e UA4, confirmam a validade das proposições:

- os projetos de melhoria de processos, realizados através do Seis Sigma, devem estar alinhados com os objetivos do negócio ou com as estratégias empresariais (proposição 1);
- a metodologia Seis Sigma pode ser utilizada parcialmente nos processos de *software* (proposição 2);
- a metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada uniformemente para todos os processos de *software* (proposição 3).

É interessante notar que nas UA1 e UA2, organizações com o maior nível de maturidade, a relação “Vi9 x Vd8 e Vd9”, ou seja, “Diversidade dos processos x mais de um atributo a medir e diferentes formas de medir” não se mostrou muito evidente. Isto confirma a observação feita na análise da variável “diversidade dos processos”.

A UA5 teve como finalidade apenas mostrar que as práticas sugeridas pelo Seis Sigma podem

ser utilizadas com sucesso, mesmo que a melhoria dos processos de *software* não seja um dos objetivos estratégicos da organização.

3.9.2 Características gerais

O Quadro 3-13 mostra como a filosofia do Seis Sigma adentrou a organização e algumas características dos projetos Seis Sigma, como a aplicação, o foco e as causas do projeto.

Apenas na aplicação do Seis Sigma para melhoria dos processos de desenvolvimento de *software* houve uma convergência da motivação. Nas demais categorias analisadas houve uma notória divergência. Na opinião do pesquisador, isto mostra a potencialidade do Seis Sigma em atender diversos demandas em termos de tipo de problema ou processo, o que pode ser entendido como uma metodologia de alto valor agregado para qualquer organização.

Nas quatro primeiras unidades de análise, destaca-se o foco do gerenciamento de terceiros como uma preocupação e também uma oportunidade do uso do Seis Sigma, tanto para medir o desempenho quanto no sentido de se trabalhar conceitualmente os benefícios que o Seis Sigma propicia (ver quadro 3-17).

Quadro 3-13 Aplicação, Adoção, Foco do Seis Sigma e Nível de Maturidade

(fonte: o autor)

Detalhes		Casos de Sucesso		Casos estudados				
		1	2	1	2	3	4	5
Aplicação	Administrativos	N	S	N	N	N	N	N
	Novos desenvolvimentos	S	N	S	S	S	S	S
	Novas tecnologias	S	N	S	S	S	S	N
	Manutenção de legado	S	S	S	S	S	S	S
	Terceirização de mão-de-obra no país	N	N	N	N	N	S	N
	Terceirização de mão-de-obra fora do país	N	N	S	N	N	N	N
Adoção	Experiência anterior com o Seis Sigma	S	S	S	S	N	N	N
	Estudos comparativos com outros modelos	S	N	S	N	N	S	N
	Recomendação de Clientes	N	N	N	N	S	S	N
Foco	Seis Sigma para remoção de defeitos	S	S	N	S	S	S	N
	Seis Sigma para a melhoria de processos	S	S	S	S	S	S	N
Origem	Organização	N	S	S	N	N	N	N
	Produto	N	S	S	S	N	N	N
	Destinatários	S	N	S	S	S	S	N
	Gerenciamento	S	N	S	S	S	S	N
	Processos	S	N	S	S	S	S	N
	Desenvolvedores	S	N	S	S	S	S	S
	Terceiros	N	N	S	S	S	S	N
	Tecnologia	S	N	S	N	S	N	N
	Recursos	S	N	S	S	S	S	S
Motivo	Sistemas de trabalho	N	S	S	S	N	N	S
	Humanos	S	N	S	S	S	S	S
	Técnico	S	N	S	S	S	S	N
	Ambiente computacional	S	N	S	N	S	N	N
	Padrões de processos	S	N	S	S	S	S	N

3.9.3 Variáveis

O Quadro 3-14 mostra quais as variáveis poderiam ser objeto dos projetos Seis Sigma tanto nos casos de sucesso como nos casos estudados.

Quadro 3-14 Variáveis base para os projetos Seis Sigma

(fonte: o autor)

Variáveis	Casos de Sucesso		Casos estudados				
	1	2	1	2	3	4	5
Gerenciamento dos projetos	S	N	S	S	S	N	N
Assertividade das estimativas de prazo e custo	S	N	S	S	S	N	N
Rentabilidade dos projetos	S	N	S	S	N	N	N
Capacitação técnica das equipes	N	N	S	S	N	N	N
Compartilhamento do conhecimento entre as equipes	S	N	S	N	N	N	N
Entrosamento e motivação das equipes	N	N	S	N	N	N	N
Produtividade das equipes	N	N	S	N	S	N	N
Retrabalho	N	N	N	N	N	N	S
Realocação dos recursos	N	N	N	N	N	N	S
Variabilidade e estabilidade dos requisitos formulados	N	N	S	N	N	N	N
Entendimento dos requisitos formulados	N	N	N	N	S	N	N
Capacidade e variabilidade dos processos	S	N	S	S	S	N	S
Disponibilidade (capacidade) de tempo para atender	S	N	S	S	S	N	N
Tamanho dos produtos	N	N	N	N	S	N	N
Qualidade dos documentos de trabalho	N	N	N	S	S	N	N
Visibilidade dos defeitos	N	N	N	N	N	N	S
Efetividade na detecção e remoção de defeitos	N	N	S	S	S	S	N
Atualidade tecnológica do acervo dos clientes	N	N	S	S	N	N	N

A diversidade do tipo de informação que pode ser alvo de melhoria ou resolução de problema é igualmente bastante ampla, evidenciando a abrangência do Seis Sigma. Esta observação mostra também que tentar mapear qual é o tipo de informação mais próprio para o Seis Sigma, também não traz grande contribuição acadêmica. Nestes casos, talvez seja mais interessante, pesquisar se existe alguma experiência já registrada para uma nova demanda.

3.9.4 Métodos utilizados

O Quadro 3-15 mostra como os casos de sucesso e os casos estudados entendem os processos dos projetos Seis Sigma.

Quadro 3-15 Métodos utilizados

(fonte: o autor)

Etapas	Processos	Casos de Sucesso		Casos estudados				
		1	2	1	2	3	4	5
Implementação da filosofia Seis Sigma	Percepção pela alta direção	S	N	N	N	S	S	N
	Contratação de consultoria	N	N	S	N	S	N	N
	Conscientização dos executivos	S	N	S	N	S	S	N
	Definição de um executivo líder	S	N	S	S	S	S	N
	Identificação de possíveis ganhos	S	N	S	S	S	S	N
	Levantamento dos principais problemas ou de melhoria	N	N	S	S	S	S	N
	Disponibilização de recursos	S	N	S	S	S	S	N
	Concordância entre os gerentes	N	N	S	S	S	S	N
	Definição de critérios para seleção de projetos Seis Sigma	S	N	S	S	S	N	N
	Criação de <i>staff</i> para Estatística	S	N	S	S	S	S	N
Disseminação da idéia entre os líderes de projeto	Conscientização e treinamento dos líderes de projeto	S	S	S	S	S	S	N
	Detalhamento dos principais problemas/melhorias	S	N	S	S	S	N	N
	Definição de algumas metas	S	N	S	S	S	N	N
	Detalhamento dos critérios de seleção de projetos	S	N	S	S	S	N	N
	Estruturação de um método	S	N	S	S	S	S	N
	Adaptação do método para novos projetos	S	N	S	S	S	N	N
	Execução de projeto piloto	S		S	S	S	N	N
Planejamento	Análise de Viabilidade geral	N	N	S	N	N	N	N
	Aprovação pelo Cliente	N	N	N	S	N	N	N
	Aprovação pela Gerencia Sênior	N	N	N	S	N	N	N
	Análise de viabilidade técnica	N	N	S	S	N	N	N
	Definição do problema	S	S	S	S	S	S	N
Execução	Equipe	N	S	S	N	S	N	N
	Detalhamento	S	S	S	S	S	S	N
	Medição da situação atual	S	S	S	S	S	S	N
	Análise	S	S	S	S	S	S	N
	Testes	S	N	S	S	S	N	N
	Simulação	N	N	N	N	N	S	N
	Execução piloto	S	N	N	N	S	N	N
	Finalização (Validação/verificação)	N	N	S	S	N	N	N
Implantação	Treinamento dos envolvidos	S	N	S	S	S	N	N
	Implantação / Instalação	S	S	S	S	N	N	N

Etapas	Processos	Casos de Sucesso		Casos estudados				
		1	2	1	2	3	4	5
	Registro e Documentação	N	N	S	S	S	S	N
	Controle	S	S	S	S	N	S	N
Institucionalização	Padronização	S	S	S	N	S	N	N
	Integração	N	N	S	N	N	N	N
	Disseminação	N	N	N	S	S	S	N
Acompanhamento	Melhoria contínua	S	N	S	S	S	N	N
	Gerenciamento do processo	S	N	S	S	S	N	N
DMAIC original		S	S	N	N	N	N	N
DMAIC original com pequenas mudanças		N	N	N	N	S	S	N

Neste caso, vale destacar que na UA1 e na UA2 não se percebeu a necessidade de simulação e execução de piloto, talvez pelo grau de maturidade do Seis Sigma nas organizações.

3.9.5 Técnicas praticadas

O Quadro 3-16 mostra quais as técnicas mais praticadas pelos casos de sucesso e os casos estudados para os processos dos projetos Seis Sigma.

Quadro 3-16 Técnicas praticadas

(fonte: o autor)

Técnicas	Casos de Sucesso		Casos estudados				
	1	2	1	2	3	4	5
<i>Brainstorming</i>	N	N	S	S	S	S	N
Matriz de responsabilidade	N	N	N	N	N	N	S
Sipoc	S	N	S	N	N	N	N
QFD	S	N	S	S	N	N	N
Análise custo-benefício	S	N	S	S	N	S	N
FMEA	S	N	S	S	N	N	N
Gráficos de controle – CEP	S	N	S	S	N	S	N
Técnicas estatísticas para coleta e análise de dados	S	N	S	S	N	N	N
Diagrama de Pareto	S	N	S	S	N	S	N
Diagrama de causa-efeito	S	N	S	S	S	S	N
Cálculo de capacidade do processo	S	N	S	S	S	N	N
Delineamento de experimentos	S	N	S	S	N	N	N
Círculos da qualidade (<i>lean thinking</i>)	S	N	S	S	N	N	N

Este quadro mostra que algumas técnicas tem o seu uso consagrado, como Diagrama de Pareto, Diagrama de causa-efeito. Nas organizações de maior maturidade, percebe-se na necessidade de um refinamento das técnicas, como por exemplo, o emprego de delineamento de experimentos.

3.9.6 Benefícios e lições aprendidas

O Quadro 3-17 exhibe os principais benefícios e lições aprendidas dos projetos Seis Sigma.

Quadro 3-17 Benefícios e lições aprendidas

(fonte: o autor)

Benefícios e lições aprendidas	Casos de Sucesso		Casos estudados				
	1	2	1	2	3	4	5
Gerenciamento de terceiros	N	N	S	S	S	S	N
Melhoria nas estimativas	S	N	S	S	N	N	N
Aumento da lucratividade	S	S	S	N	N	N	N
Agilidade no entendimento e resolução dos problemas	N	N	S	S	S	N	N
Transparência na resolução de problemas	N	N	S	S	N	N	N
Capacidade para detecção dos problemas	S	N	S	S	N	N	N
Melhoria na eficiência das auditorias	N	N	S	N	N	N	N
Aumento no esforço e qualidade de gerenciamento	N	N	S	S	N	N	N
Aumento da confiabilidade dos clientes	S	S	S	S	N	N	N
Propagação do conhecimento desenvolvedor x usuário	N	N	S	S	N	N	N
Diminuição do retrabalho	N	N	N	S	N	N	S
Aumento da qualidade do material de trabalho	N	N	S	S	N	N	N
Importância educativa da padronização	N	N	N	N	S	S	N
Inovação nos processos de melhoria	N	N	N	N	S	N	N

Este quadro mostra de forma mais evidente que os demais a diferença entre as empresas de mais alta maturidade e aquelas que estão iniciando o uso do Seis Sigma, pelo fato de terem casos de sucesso interno para orientar novos projetos. É notória diferença como estes dois tipos de organização trata os assuntos de qualidade. Nas com maior nível de maturidade, os assuntos *controle* e *qualidade* são considerados premissas, enquanto nas demais empresas ainda é um desafio praticá-los.

Este quadro revela uma importante contribuição do Seis Sigma se refere a gestão dos serviços

de terceiros. Pelo fato de não haver uma vinculação a longo prazo entre a organização e o prestador de serviço, chegando até em níveis de parceria, a relação tende a ser bastante tênue, circunscrita apenas ao período e ao objeto da prestação de serviço.

Pelo depoimento das quatro unidades de análise, nota-se tanto nas que estão em um patamar mais alto de maturidade tanto nas outras uma preocupação com este tema bastante grande, já percebido no quadro 3-13.

3.9.7 FCS

O quadro 3-18 mostra os principais FCS na opinião captada nos casos de sucesso e nos depoimentos colhidos nos casos estudados.

Quadro 3-18 Principais FCS

(fonte: o autor)

	Casos de Sucesso		Casos estudados				
	1	2	1	2	3	4	5
Percepção de melhoria pelos clientes	N	N	S	S	S	S	N
Explicitação dos problemas	N	N	S	S	S	N	S
Treinamento gerencial e do corpo técnico	N	N	S	S	S	S	N
Formalismo no registro de dados, decisões etc	N	N	S	S	N	N	N
Interatividade entre estatísticos e desenvolvedores	N	N	S	S	N	N	N
Gerenciamento de terceiros	N	N	S	S	N	N	N
Automatização do tratamento de dados	N	N	S	S	N	N	N
Mentorização	N	N	S	N	N	N	N
Comprometimento da alta direção	N	N	N	N	S	S	N

Este quadro mostra uma evolução dos FCS na medida em que a organização se envolve com os assuntos do Seis Sigma:

- percepção pelos clientes, explicitação dos problemas: podem ser considerados como meta;
- treinamento gerencial e do corpo técnico: começa sendo uma necessidade e passa ser uma premissa;

- formalismo e interatividade entre as habilidades: começa como uma necessidade e passa ser uma premissa, porem são mais difíceis de serem tratados do que o treinamento;
- automação e mentorização: podem ser considerados refinamento;
- comprometimento da alta direção: inicialmente é um dos grandes FCS que com a maturidade passa ser uma premissa.

Um dos destaques é a preocupação das empresas mais maduras em ter o gerenciamento de terceiros um FCS, o que denota a importância e o crescimento do tema nas organizações. Este dado reforça o que foi visto no quadro 3-13 e no quadro 3-17.

3.9.8 Restrições no uso do Seis Sigma

O Quadro 3-19 apresenta as principais restrições e limitações do Seis Sigma, com base na percepção dos casos de sucesso e nos depoimentos nos casos estudados.

Quadro 3-19 Restrições no uso do Seis Sigma

(fonte: o autor)

	Casos de Sucesso		Casos estudados				
	1	2	1	2	3	4	5
Falta de um processo de feedback dos processos	N	N	S	N	N	N	N
Excesso de formalismo	N	N	S	N	N	S	N
Falta de um tratamento para monitoramento dos itens defeituosos	N	N	S	N	N	N	N
Falta de inovação nos processos Seis Sigma	N	N	S	N	N	N	N
Processos não possíveis de serem automatizados	N	N	N	S	N	N	N
Diferença de quando ocorre o detalhamento (Seis Sigma e processos de <i>software</i>)	N	N	N	N	S	N	N
Falta de um tratamento para o <i>feeling</i> gerencial	N	N	N	N	S	N	N
Falta de automatização na coleta de dados do processo a ser melhorado	N	N	N	N	N	S	N

O quadro mostra que as organizações de mais alta maturidade já começam a se preocupar com os limites de atuação do Seis Sigma, ou seja, nem tudo o que se imaginava no início pode ser tratado por esta metodologia, principalmente no que se refere ao excesso de formalismo e

outros refinamentos, como o tratamento dos itens defeituosos.

Este levantamento vem somar com a fundamentação teórica no sentido de permitir estruturar um roteiro robusto para a implementação dos conceitos do Seis Sigma nas organizações bem como para a implementação de projetos específicos de melhoria, que é o tema do próximo capítulo.

4. ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO SEIS SIGMA

O objetivo principal proposto neste trabalho foi o de propor um roteiro (*roadmap*) que atendesse todos os processos relacionados com a aplicação do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*.

Este capítulo apresenta o modelo sugerido, tomando por base as referências teóricas e os casos de sucesso constantes da literatura e, principalmente, considerando-se o que foi identificado nos estudos de caso.

Ao apresentar o modelo, sugere uma estrutura básica, detalha os processos necessários e discute também o elenco de variáveis-base que possam servir de foco para os mais variados projetos Seis Sigma de melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*.

4.1 Estrutura do roteiro proposto

O ponto de partida para a estruturação do roteiro foi o método de implementação *Breakthrough Strategy* de HARRY e SCHROEDER (2000), apresentado acima, o qual sugere uma hierarquização nos processos. O roteiro foi então complementado com alguns dos processos relativos aa implementação da filosofia Seis Sigma na organização. Para tanto, utilizaram-se as práticas do método Roadmap de GROSS (2001), a proposta de ECKES (2001) e o New Six Sigma de BARNEY e McCARTY (2003). Foram incluídas também as recomendações do método DMADV, IDOV e DMEDI.

Tomando-se os detalhes presentes nos dois casos de sucesso e nos cinco estudos de caso, já detalhados acima, obteve-se um conjunto de informações que permitiu identificar diversos processos, além daqueles apresentados nas referencias teóricas.

O Seis Sigma se manifesta em dois momentos nas organizações: o primeiro, a implementação dos conceitos ou da filosofia, ocorre quando a empresa toma contato com o Seis Sigma e

adota seus princípios para melhorias nos processos ou para a solução de problemas; o segundo se dá toda vez em que um novo projeto Seis Sigma é executado.

Percebeu-se que, além dos dois grupos de processos para o Seis Sigma indicados na literatura, os processos do Seis Sigma para o desenvolvimento de *software* deveriam estar agrupados em três grupos, que correspondem aos momentos de “lançamento da filosofia”, “reciclagem da filosofia” e “implementação dos projetos específicos”, conforme detalhados a seguir:

- O primeiro grupo de processos está relacionado com o *Lançamento da filosofia Seis Sigma*: procedimentos iniciais para absorção da filosofia do Seis Sigma, dos benefícios, da avaliação técnico-financeira preliminar, das restrições e dos pontos de alinhamento estratégico (Quadro 4-1);
- O segundo grupo de processos sugerido se ocupa da *Reciclagem da filosofia Seis Sigma*: procedimentos para conscientização dos líderes de projetos e demais profissionais envolvidos, a respeito das necessidades de controle, dos benefícios e dos problemas a serem controlados pelo Seis Sigma. Destacam-se procedimentos específicos quando parte dos trabalhos são terceirizados. No entendimento do pesquisador, este grupo de processos é responsável por uma das diferenças mais importantes da aplicação do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*, porque, quanto mais diversos forem os projetos de desenvolvimento de *software* que a organização realiza, quanto mais clientes estiverem envolvidos e quanto mais fragmentado forem as equipes de desenvolvedores, mais necessário se faz a conscientização das pessoas envolvidas, do corpo gerencial sobre as questões de resolução de problemas, eficiência, eficácia, melhoria da qualidade e alinhamento estratégico (Quadro 4-2);
- O terceiro grupo de processos se encarrega da *Implementação dos projetos específicos Seis Sigma*: procedimentos específicos para a implementação de cada um dos projetos Seis Sigma para a resolução de problemas e melhoria de processos. Este grupo de processos é o que mais se assemelha aos projetos Seis Sigma praticados pela manufatura e esta similaridade é maior, quanto mais estáveis e padronizados forem os processos de desenvolvimento. A diferença marcante da aplicação do Seis Sigma para

a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software* é que normalmente a causa do problema é menos evidente, mais sutil e muito mais fragmentada (Quadro 4-3).

Para a execução de cada um dos processos, podem ser associadas uma ou mais técnicas administrativas ou estatísticas que melhor servirem aos propósitos.

Quadro 4-1 Roteiro sugerido para o lançamento da filosofia Seis Sigma

(o autor)

Técnicas			Estrutura do processo Seis Sigma	
			Etapas / Fases	Processos / Atividade
Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Lançamento e Manutenção da filosofia	Perceber
				Consultar
				Conscientizar
				Liderar
				Identificar ganhos e problemas
				Quantificar Recursos
				Concordar
				Priorizar
				Organizar
				Manter

Quadro 4-2 Roteiro sugerido para a reciclagem da filosofia Seis Sigma

(fonte: o autor)

Técnicas			Estrutura do processo Seis Sigma	
			Etapas / Fases	Processos / Atividade
Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Reciclagem da filosofia	Conscientizar
				Concordar
				Detalhar
				Traçar metas
				Priorizar
				Organizar
				Adaptar
				Testar e simular

Quadro 4-3 Roteiro sugerido para os projetos específicos do Seis Sigma

(fonte: o autor)

Técnicas			Estrutura do processo Seis Sigma			Dimensões de Aprovação			Processos de <i>software</i> (*)					
			Etapas / Fases		Processos / Atividade									
Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Identificação	↑ ← comunicação	Reconhecer	Expectativas dos clientes	Expectativas dos negócios	Restrições dos processos	Requisitos	Projeto	Construção	Testes	Utilização	Manutenção
					Definir									
					Aprovar									
			Caracterização		Definir detalhes									
					Medir									
					Analisar									
			Implementação		Melhorar									
					Testar									
					Implantar									
			Institucionalização		Controlar									
					Padronizar									
					Integrar									
Acompanhamento		Gerenciar												
		Melhorar												
(*) separados por aplicação (trabalho, retrabalho etc)														

Os fundamentos adotados para a elaboração deste roteiro são os seguintes:

- O objetivo desta dissertação, conforme foi resumido no item 3.1, é ser um trabalho explanatório sobre “como” é o relacionamento Seis Sigma e a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*. Por esta razão, entende-se que o nível de detalhamento para o modelo formulado não deveria ser muito profundo, pois careceria de uma experimentação. Por esta razão, apenas formula-se a sugestão de forma a permitir uma continuidade de estudos mais específicos.
- Cada um dos grupos de processo (implementação, reciclagem e projetos Seis Sigma) é composto por três dimensões básicas: os processos propriamente ditos, as técnicas utilizadas e comunicação, que significam:
- Cada grupo é composto por três dimensões básicas: os *processos* propriamente ditos, as *técnicas* utilizadas e a *comunicação*, que significam:
 - Os *processos* traduzem exatamente o trabalho a ser feito para concluir o resultado. Como todos os processos empresariais, podem (e devem serem subdivididos em atividades, tarefas, operações, passos e procedimentos) e

identificar claramente o(s) processo(s) de *software* aos quais se refere, bem como identificar as ferramentas mais adequadas; por esta razão, tanto os processos de *software* quanto as técnicas empregadas atravessam todos os processos Seis Sigma;

- As *técnicas* são as formas sugeridas pela teoria da Administração, teoria da Estatística, pela experiência gerencial e *feeling* empresarial que for mais apropriada para o caso específico. O importante é que uma mesma técnica ultrapassa as fronteiras de um determinado processo. Isto significa também que ela pode ser iniciada em um processo e continuada noutro.
- A *comunicação* é o elemento que vai garantir a ligação entre os diferentes trabalhos a serem executados nos processos e vai permitir retornar para qualquer processo já executado, refazendo total ou parcialmente uma atividade, tarefa, operação ou passo, até que o trabalho seja concluído. Ao estudar os métodos já consagrados, como o DMAIC não se percebeu esta característica, o que dá a impressão que cada uma das etapas deve ser concluída totalmente antes de se iniciar a seguinte. Nas conclusões finais, retoma-se este assunto com considerações adicionais.
- O grupo de processos referentes a cada projeto Seis Sigma contém duas dimensões a mais, que correspondem aos *níveis de aprovação* e aos *processos de desenvolvimento de software*. Analisando mais detalhadamente, cada um deles:
 - Os estudos de casos mostraram que o sucesso dos projetos Seis Sigma, além de resolver um determinado problema ou instituir uma determinada melhoria devem ter a *aprovação* das três expectativas: do cliente, dos negócios e dos processos;
 - Os projetos devem levar em consideração o(s) *processo(s) de desenvolvimento de software*, visto que cada um deles tem uma particularidade, principalmente no que se refere à estabilidade, padronização e oportunidade de medição;
- a organização deve buscar sempre o melhor conjunto de processos e técnicas para suporte aos processos escolhidos, de forma a proporcionar a combinação mais adequada ao resultado esperado. Esta procedimento segue os princípios do *best-of-breed*;

- o alvo de melhoria deve ser o conjunto de todos os processos de desenvolvimento de *software* da organização;

4.2 Detalhamento do roteiro proposto

Os processos / atividades dos projetos Seis Sigma estão detalhados por grupo de processo a que se referem.

4.2.1 Processos de lançamento da filosofia Seis Sigma

Os processos deste grupo são os seguintes:

- perceber (*feel*): corresponde ao recebimento da importância do Seis Sigma para os negócios da organização;
- consultar (*consult*): corresponde a buscar fontes seguras junto a especialistas e realizar pesquisas (*benchmarks*) para se cientificar que o Seis Sigma pode agregar valor aos negócios empresariais;
- conscientizar (*persuade*): corresponde a um estudo sério e uma conscientização individual e da alta direção como um todo;
- liderar (*lead*): corresponde a escolha de um líder e não de um único responsável pela implementação da idéia na organização;
- identificar ganhos e problemas (*identify won and problems*): significa fazer algumas estimativas de ganhos-problemas, simulando cenários para clarificar uma tomada de decisão;
- quantificar recursos (*measure resources*): estimar os recursos necessários para a implementação total ou parcial do Seis Sigma;
- concordar (*agree*): garantir que a decisão tomada será compartilhada e todos os envolvidos estarão se comprometendo com o que for necessário;
- priorizar (*prioritize*): estabelecer alguns critérios básicos para a seleção de projetos Seis Sigma;
- organizar (*organize*): estipular algumas diretrizes básicas para a organização dos trabalhos relacionados com o Seis Sigma, tendo em mente reunir elementos da

operação alvo dos projetos Seis Sigma e especialistas em disciplinas de métodos quantitativos;

- manter (*maintain*): manter os princípios de lançamento da filosofia Seis Sigma ativos junto a alta direção da organização.

4.2.2 Processos da reciclagem da filosofia Seis Sigma

Os processos deste grupo são os seguintes:

- conscientizar (*persuade*): corresponde à divulgação dos conceitos e ao alinhamento do entendimento de todos os envolvidos;
- concordar (*agree*): garantir que a decisão tomada será compartilhada e todos os envolvidos estarão se comprometendo com o que for necessário;
- detalhar (*detail*): corresponde ao detalhamento dos tipos de controles e de trabalho exigido em cada um dos projetos Seis Sigma;
- traçar metas (*draw goal*): corresponde a estipulação de metas factíveis para, depois, verificar se as medidas de melhoria tomadas foram eficazes;
- priorizar (*prioritize*): consiste em detalhar os critérios de seleção para a escolha de projetos Seis Sigma;
- organizar (*organize*): consiste em detalhar o método de trabalho e escolher as técnicas apropriadas;
- adaptar (*adapt*): consiste em garantir o aprendizado empresarial com as lições de cada um dos projetos executados;
- testar e simular (*test and simulate*): corresponde a executar conjuntamente projetos-piloto para aprender e agilizar a busca de soluções.

4.2.3 Processos de cada projeto Seis Sigma

Os processos deste grupo são os seguintes:

- reconhecer (*recognize*): corresponde ao recebimento de um novo problema ou melhoria a ser avaliado;
- definir (*define*): corresponde a uma definição dos pontos-chave do projeto proposto que devem ser considerados, no projeto proposto;

- aprovar (*approve*): significa submeter o projeto a uma avaliação custo-benefício e, aprovar os projetos Seis Sigma, levar em consideração as dimensões: clientes, organização e restrições dos processos;
- detalhar (*detail*): significa detalhar o escopo dos projetos para levantar todos os requisitos;
- medir (*measure*): corresponde a um levantamento da situação do processo;
- analisar (*analyze*): corresponde a analisar os efeitos e as causas que provocam a situação atual;
- melhorar (*improve*): consiste em elaborar as melhorias necessárias;
- testar (*test*): é formado pelas atividades de validar e verificar as melhorias propostas;
- implementar (*implement*): corresponde à implementação do novo processo ou das melhorias;
- controlar (*control*): significa controlar a execução para comprovar a eficácia das melhorias;
- padronizar (*standardize*): consiste em tornar sistemático o processo de melhoria;
- integrar (*integrate*): corresponde à integração das melhorias aos demais projetos de melhoria e a toda organização;
- gerenciar (*manage*): corresponde ao gerenciamento de cada recurso e ação dos projetos Seis Sigma;
- melhoria contínua (*continuous improving*): é a busca constante de melhoria.

4.3 Variáveis base e motivação para os projetos Seis Sigma

Em relação à origem ou o fato gerador, levou-se em consideração também qual o motivo da falha que levou ao problema ou que justifica a melhoria: humano, técnico, ligado a padrões, ambiente computacional, sistema de trabalho etc.

Além das informações obtidas com a literatura, as variáveis foram complementadas com os depoimentos dos participantes dos estudos de caso.

A figura 4-1 contém uma lista não exaustiva deles.

Origem	Motivo	Características mensuráveis
Organização	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">X</div> <div style="text-align: center;"> Humanos Técnicos Padrões Sistemas Ambiente Outros </div> <div style="margin-left: 10px;">X</div> </div>	Receita Lucratividade Novos projetos
Destinatários		Satisfação Atendimento Requisitos
Produto		Tamanho Mudanças Quantidade de erros/falhas Sintomas das falhas Duração das falhas Resultado das falhas Severidade das falhas Mecanismo das falhas Custo das falhas Duração das falhas
Gerenciamento		Prazo Custo Riscos Capacidade de atendimento
Desenvolvedores		Esforço Disponibilidade Assertividade Proficiência Produtividade
Terceiros		Gerencia Produtividade Treinamento
Tecnologia		Complexidade Taxa de mudança
Processo		Cumprimento de Padrões Quantidade de Defeitos Remoção de Defeitos
Recursos físicos		Quantidade envolvida Produtividade

Figura 4-1 Lista de origens, motivos e características mensuráveis

(fonte: o autor)

Com base nos três critérios (origem, características mensuráveis e localização), discutidos, entende-se que:

- é necessário sempre ser considerado o motivo da falha, pois podem haver outros problemas ou melhorias que envolvem o mesmo motivo;

- a localização, isto é, as fases ou os processos de desenvolvimento ficam melhor caracterizadas se consideradas conjuntamente com os processos de cada projeto Seis Sigma;
- cada projeto específico deve poder caracterizar para si, a origem, o motivo e as características mensuráveis a que se destina resolver ou melhorar.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma proposta de um roteiro para a execução de processos Seis Sigma. Com isso, procurou mostrar a viabilidade da metodologia Seis Sigma na melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*.

De forma explícita e implícita, foi evidenciada a necessidade de:

- analisar os vários aspectos relacionados tanto ao ambiente interno como externo à organização, sendo de fundamental importância a compreensão de seus comportamentos para se estruturar adequadamente os processos Seis Sigma;
- manter a adequação do produto de *software* adequado para atender as necessidades dos clientes;
- elaborar procedimentos e adequados de forma a garantir o conhecimento pelas pessoas envolvidas, para que elas possam dar seu apoio, colaboração e compromisso;
- evidenciar os procedimentos de trabalho necessários para a consecução dos trabalhos;
- buscar continuamente pontos de melhoria dos processos de desenvolvimento;
- identificar as causas dos defeitos embutidos nos *softwares*;
- gerenciar a implementação das ações de melhoria e mudança, incluindo planejamento, a estrutura e infra-estrutura necessárias, a implementação em si e o processo de revisão, feedback, ações corretivas, lições aprendidas e manutenção do nível de qualidade atingido.

A seguir, detalha-se as principais conclusões desta dissertação, as contribuições, as limitações e algumas recomendações para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

Os resultados obtidos apontam no sentido de que esta dissertação de mestrado logrou êxito no cumprimento dos objetivos.

O objetivo geral, que era o de propor um roteiro específico para a implementação do Seis

Sigma nas organizações desenvolvedoras de *software* foi concretizado e o roteiro foi apresentado no capítulo anterior.

Como resultado do trabalho, percebeu-se que no contexto de desenvolvimento de *software*, a cada novo projeto Seis Sigma é necessário reciclar os fundamentos do Seis Sigma, uma vez que, via de regra, cada projeto de desenvolvimento ou de manutenção de *software*, envolve ou um novo cliente, ou uma nova equipe ou um novo contexto. A reciclagem se torna importante para que os objetivos do projeto de melhoria ou de solução de problemas mantenha-se alinhado com os objetivos empresariais e as estratégias de negócio.

Quanto aos objetivos específicos, os resultados do estudo dão mostras que eles foram cumpridos, ou seja:

- o objetivo específico que dizia respeito à identificação dos princípios, dos benefícios e das restrições do Seis Sigma, pode ser trabalhado graças ao pensamento de diversos autores, bem como o rico material fornecido pelas unidades de análise e pelos casos de sucesso apresentados;
- um outro objetivo específicos se referia à identificação de algumas variáveis de contorno, ou seja, quais condições, ações, habilidades e comportamento uma organização, que pretende melhorar seus processos de desenvolvimento de *software* através do Seis Sigma, deve apresentar, fazer, ter, entender, querer e praticar. Quanto a este objetivo, o trabalho tirou suas conclusões com base nas unidades de análise que se dispuseram a colaborar. Evidentemente, o resultado teria sido muito melhor, caso outras unidades de análise tivessem participado;
- o objetivo específico de estruturar realizar um estudo de casos múltiplos foi concretizado, graças a colaboração das unidades de análise que propiciaram esta pesquisa. Ressalta-se uma vez mais, que a alegação de se estar perscrutando informações confidenciais, proibiu a participação de outras unidades de análise;

- o objetivo de identificar os pontos de convergência e divergência entre a literatura e os casos práticos foram apresentados, dentro da limitação natural do autor;
- o trabalho também se esforçou para responder as indagações feitas *a priori*, relativas a como os princípios do Seis Sigma adentram as organizações, como as características dos processos de *software* influem nos processos de melhoria, como tratar as restrições e potencializar os ganhos com o uso do Seis Sigma na melhoria dos processos de *software*. Frente a magnitude da indagação, reconhece-se que este trabalho se limitou a trazer mais informação contribuindo para a evolução dos estudos deste tem.

Além disso, as proposições formuladas que respondem a indagação inicial foram demonstradas, segundo a visão do autor e até onde o senso crítico mostra que o trabalho esteve na direção correta. Por esta razão, acredita-se que apenas se pode validar se todas as variáveis sugeridas e as suas correspondentes relações fizeram-se presentes.

Com isso, as proposições formuladas tem grandes chances de serem comprovadas.

O fato da recusa na participação da pesquisa por parte de organizações de reconhecida maturidade nos processos de *software*, mostra de forma indireta a importância do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*. Por sua vez, esta premissa corrobora os estudos de casos feitos com outras organizações.

5.2 Contribuições

Espera-se também que esta pesquisa possa ter cumprido seu papel acadêmico, ou seja, o de aumentar a massa crítica relacionada com a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*, através dos princípios do Seis Sigma.

Quanto à contribuição para o meio empresarial, o roteiro proposto tem grandes chances de ser utilizado com sucesso, pois contém uma grande quantidade dos elementos de controle necessários para a aplicação do Seis Sigma.

Esta conclusão se fundamenta em duas constatações: o crescimento do número de executivos nos eventos, simpósios e congressos que tratam deste assunto e, também, de dados informais colhidos junto à empresas de consultoria especializadas na aplicação do Seis Sigma. A primeira constatação mostra que o interesse está diretamente relacionado com as possibilidades de aumento do retorno financeiro e aumento da participação no mercado; a segunda constatação, denota o aumento dos negócios de consultoria, treinamento e mentorização neste campo. Com menor força, mas colabora com esta hipótese, nota-se um aumento no interesse de literatura sobre métodos quantitativos, disponível em diversas pesquisas disponíveis sobre o mercado editorial.

5.3 Limitações

Admite-se que o tema escolhido para esta pesquisa é bastante abrangente, mesmo tendo-se restringido o foco para as empresas desenvolvedoras de *software*.

Por outro lado, reconhece-se que a revisão bibliográfica abordou apenas uma parte do tema e foi responsável por influenciar o pensamento do pesquisador e a condução do trabalho como um todo.

A grande limitação encontrada durante a realização dos estudos de casos foi o declínio do convite de participação das organizações que estão implementando o Seis Sigma. Como já descrito, as duas razões mais citadas foram a não-autorização das respectivas diretorias, por considerarem que as informações eram de caráter sigiloso e a alegação de indisponibilidade de tempo para as entrevistas.

É possível que, estas posturas se devam ao fato de que o Seis Sigma ainda não atingiu a notoriedade adequada entre as organizações que desenvolvem *software* ou porque os benefícios financeiros e ganho de mercado realmente estão sendo extremamente vantajosos (o que repetiria o sucesso quando da implementação do Seis Sigma na Motorola e na GE), o que restringiria a divulgação de dados e de procedimentos internos para a concorrência.

O roteiro proposto aborda somente uma parcela do Seis Sigma e é fruto de reflexões sobre os

casos pesquisados. Por esta razão, ele ainda é uma teorização da realidade. Reconhece-se esta fraqueza do roteiro e com isso, ele está aberto a todos questionamentos, críticas e melhorias que somente a sua utilização prática vão permitir fazer.

5.4 Recomendações para futuras pesquisas

Durante o desenvolvimento deste trabalho, diversas indagações foram surgindo na mesma proporção em que mais se investigava sobre o assunto.

Contudo, devido ao propósito de se manter fiel ao tema de estudo proposto, as novas idéias, concepções, desafios e aplicações do Seis Sigma para o desenvolvimento de *software* não fizeram parte do escopo e do desenvolvimento deste trabalho.

Dessa forma, é mister que este estudo aponte algumas sugestões de estudos futuros que poderão complementar os resultados obtidos nesta pesquisa.

Entre eles, vale destacar:

- estudo sobre os critérios de seleção dos projetos Seis Sigma;
- estudo da aplicação de métodos de decisão para auxiliar a seleção dos projetos Seis Sigma;
- teste do roteiro proposto, especialmente dos processos relacionados com a implementação da filosofia na organização, com a reciclagem dos conceitos e com os processos de execução dos projetos Seis Sigma, não previstos nos métodos aplicáveis na manufatura;
- estudo da aplicabilidade do roteiro para as organizações não desenvolvedoras de *software*. Embora elas adquiram produtos de *software* de terceiros ou contratem o desenvolvimento de *software* específico, a sua área de TI mantém a responsabilidade de dispor sistemas e demais *commodities* para a coletividade de usuários, de acordo com prazos, custo, escopo e qualidade;
- estudo da aplicabilidade do roteiro proposto para “melhor” administrar os contratos de terceirização;

- estudo voltado para o relacionamento do Seis Sigma com os níveis de alta maturidade do modelo CMMI;
- estudo dirigido para o relacionamento do Seis Sigma com os mais modernos métodos de desenvolvimento de *software*, como os suportados pela Metodologia Ágil.

Referências

AAEN, L.; BØTTCHER, P.; MATHIASSEN, L. The software factories: contributions and illusions. In: THE TWENTIETH INFORMATION SYSTEM RESEARCH SEMINAR. **Proceedings...** Scandinavia, Oslo, 1997.

ALLWAY, M.; CORBETT, S. Shifting to Lean Service: Stealing a Page from Manufacturer's Playbooks. **Journal of Organizational Excellence**. Spring 2002.

BARNEY, M.; MCCARTY, T. **The new six sigma:** a leader's guide to achieve rapid business improvement and sustainable results. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2003.

BASIL, V.R.; BOEHM, B. COTS-based system top 10 list. **Computer**. Dept.of Comput, Sci., Maryland University, May, 2001.

BASIL, V. R.; CALDIERA G.; CANTONE, G. A. Reference architecture for the component factory. **ACM Transaction on Software Engineering and Methodology**. v. 1, n.1, p. 53-80. January 1992.

BIEHL, Richard E. Six Sigma for software. Quality time. **IEEE Software**. v.21, n.2, p. 68-70. Mar-Apr, 2004.

BLAKESLEE JR., J. A. Achieving quantum leaps in quality and competitiveness: implementing the Six Sigma solution in your company. In: THE 53TH ANNUAL QUALITY CONGRESS OF THE AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, **Proceedings...** Anaheim: Califórnia, p. 486-496, May 1999.

BOWEN, D. E.; YOUNGDAHL, W. E. Lean Service: In Defense of the Production-Line Approach to Service. **International Journal of Service Industry Management**, v.9, n. 3, p. 207-225. 1998.

BROOKS, F.P. Jr. No silver bullet: essence and accidents of software engineering. **IEEE**

Comput. v.20, n.4, p. 10-19. Apr. 1987.

BRYMAN, A. Research methods and organization studies. London: Routledge, 1989.

CAMBRIDGE DICTIONARY. **International dictionary of English:** guides to the meaning. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

CAMPOS, M.S. Seis Sigma: em busca do padrão Seis Sigma. **Revista Exame.** n.689. ano 32. publicação eletrônica em 29/nov/2004.

CARD, D. N. Managing Software Quality with defects. 26th COMPSAC: Computer Software and Applications Conference. **Proceedings...** IEEE Computer Society. p.472-474. Aug, 2002.

CARMEL, E. The new software exporting nations: success factors. **The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries.** v.13, May 2003.

CARMEL, E. Offshoring, Software Exports and the Place of Brazil. In: I DO 2004. **Desafios e Oportunidade.** São Paulo. Dez.2004.

CARVALHO, M. M. Medindo o Sigma do Processo. In: ROTONDARO, R. G. (Org.). **Seis Sigma:** estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002. p. 49-79.

CHRISSIS, M. B.; KONRAD, M. SHRUM, S. **CMMI: Guide for Process Integration and Product Improvement.** Boston: Addison-Wesley, 2003.

CHURCHMAN, C. W. **Introdução à Teoria dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1972.

CICCO, F. **Seis sigma – a estratégia de gestão que está revolucionando as empresas.** Disponível em: <www.qsp.org.br/seissigma.shtml>. Acesso em 24 junho 2003.

COLLIER, D. A.; MEYER, S. M. A services positioning matrix. **International Journal Operations and Production Management.** v.18, n.12, p.1223-1244, 1998.

CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganho:** a nova contabilidade gerencial de acordo

com a teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 1997.

CORRÊA, H. L.; CAON, M. **Gestão de serviços**: lucratividade por meio de operações e de satisfação do cliente. São Paulo: Atlas, 2002.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2^a. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

CUSUMANO, M. A. Software Factory: a historical interpretation. **IEEE Software**, Washington, p. 999, Mar. 1992.

DEFEO, J. A. Six Sigma: road map for survival. **HR Focus**, 1999. Disponível em: <<http://www.umi.com/pqdweb>>. Acesso em 29 maio 2005.

DEMARCO, T. **Controle de projetos de software**: gerenciamento, avaliação e estimativa, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1989.

DEMARCO, T. **Waltzing with bears**: managing risk on software projects. New York: Dorset House Publishing, 2003.

DEMO, Pedro. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 1999.

DeVOR, R. E.; CHANG, T. H.; SUTHERLAND, J. W. **Statistical quality design and control: contemporary concepts and methods**. New York: MacMillan, 1992.

DION, RAY. Process improvement and the corporate balanced sheet. **IEEE Software**. Jun 1993.

DORNELAS, J. C. A. **Empreendedorismo**: transformando idéias em negócios. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

DRUCKER, P. F. **Administrando em tempos de grandes mudanças**. 3^a.ed. São Paulo: Pioneira Administração e Negócios, 1996.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma**. Rio de Janeiro, Campus, 2001.

ESI. **ESI Balanced IT Scorecard Process Perspective V 1.1**. Código: ESI-1999-TR-016.

European Software Institute. Disponível em:

<<http://www.esi.es/Publications/Sponsor/ME99TR016.pdf>>. Acesso em 10 fevereiro 2002.

EWUSI-MENSAH, K. **Software development failure**. Cambridge: MIT Press, 2003.

FENTON, N. E.; Pfleeger, S. L. **Software metrics: a rigorous approach**, 2nd ed., Boston: International Thomson Computer Press, 1997.

FERNANDES, A. A.; TEIXEIRA, D. S. **Fábrica de software: implantação e gestão da operação**. São Paulo: Atlas, 2004.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio: o dicionário da língua portuguesa**. Nova Fronteira, 1999.

FINN, G. A. Six Sigma quality for virtual products. *Manufacturing Engineering*. **Dearborn**. Dec, 1999. Disponível em: <<http://www.umi.com/pqdweb>>. Acesso em: 28 abril 2005.

FITZSIMMONS, J.A.; FITZSIMMONS, M.J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. 2^a.ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

FLEURY, A. C. C.; FLEURY, M. T. L. **Estratégias empresariais e formação de competências**. São Paulo, Atlas, 2000.

FLOWERS, S. **Software failure: management failure**. West Sussex: John Wiley & Sons, 1996.

FOLARON, J. The evolution of Six Sigma. **Six Sigma Forum Magazine**. American Society for Quality (ASQ). v.2 n.4. Aug, 2003.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GIANESI, I.G.N.; CORRÊA, H.L. **Administração estratégica de serviços: operações para satisfação dos clientes**. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, Atlas, 1994.

GILB, T. Principles of software engineering management. New York: Addison-Wesley, 1990.

GROSS, J. M. A road map to Six Sigma quality. **Quality Progress**, Milwaukee, v.34, n.11, p.24-29, November, 2001.

HAMMER, M. Process management and the future of Six Sigma. **MIT Sloan Management Review**, winter, 2002.

HARRY, M, J. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**. v.31, n. 5, May 1998.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma**: the breakthrough management strategy revolutionising the world's top corporations. London: Currency Publishers, 2000.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. Matching Process Technology with Product/Market Requirements. In: **Restoring our competitive edge**. cap.7. New York: John Wiley & Sons, 1984.

HEHN, H. F. **Peopleware**: como trabalhar o fator humano nas implantações de sistemas. São Paulo: Gente, 1999.

HENDERSON, K.; EVANS, J. Successful implementation of six sigma: Benchmarking General Electric Co. **Benchmarking and International Journal**, v.7, n.4, p.260-281, 2000.

HESKETT, J. L.; SASSER, W. E. Jr.; SCHLESINGER, L. A. **Services profit chain**. New York: The Free, 1997.

HILL, T. Choice of Process. In: **Manufacturing Strategy**: the strategic management of the manufacturing function. 2.ed. cap. 4. London: Macmillan, 1993.

HOERL, R.W. Six Sigma and the Future of the Quality Profession. **Quality Progress**. v.31, n 6, Jun 1998.

HONDA, A. K.; VIVEIRO, C. T. **Qualidade e excelência através da metodologia Kaizen**. São Paulo: Érica, 1993.

HOPPEN, N.; LAPONTE, L.; MOREAU, E. Um guia para a avaliação de artigos de pesquisa em sistemas de informação. **Revista Eletrônica de Administração**. v.2, n.2, 1996.

HUANG, K. T.; LEE, Y. W.; WANG, R. Y. **Quality Information and Knowledge**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

HUTCHINS, D. The sigma enigma. **Quality World**. p.40-42, May, 2001.

IEEE Standard 729. Glossary of software engineering terminology. **IEEE Computer Society Press**, 1983.

INFANTINI, S. P.; **Seis Sigma em empresas de serviço**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

INFANTINI, S.; LAURINDO, F. J. B.; PESSÔA, M. S. P. Six sigma and information technology: a case study in an insurance company. In: EUROMA-POMS JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE, Como, Italy, 2003. **Proceedings...** Padova: SGEditoriali, 2003. v.3, p. 591-600.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control**: the Japanese way. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1985.

ISO 9000-3. Software engineering-guidelines for the application of ISO 9001:2000 to software: working draft. ISO/IEC. WD4 ISO/IEC JTC-1 /SC7/WG18 N48; may, 2001.

ISO/IEC 9126-1. Software engineering – product quality – Part 1: quality model. ISO, 2001.

ISO/IEC 15504. Parts 1-5: Software Process Assessment to Process Assessment. 2003. Disponível em: <<http://www.isospice.typepad.com/isospice/>> . Acesso em 23 maio 2005.

JONES, C., Applied software measurement, assuring productivity and quality. 2nd ed., New

York: McGraw-Hill, 1996.

KAN, S. Metrics and models in software quality engineering. 2nd ed. New York: Addison-Wesley, 2002.

KAUTZ, K., Making sense of measurement for small organizations, **IEEE Software**, p. 14-19, mar-apr 1999.

LAURINDO, F. J. B. (a) **Tecnologia da informação**: eficácia nas organizações. São Paulo: Futura, 2002.

LAURINDO, F. J. B. (b) Tecnologia da Informação e o Seis Sigma. In: ROTONDARO, R. G. (Org.). **Seis Sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002. p. 358-375.

LAWLOR, A. The Elements of Productivity Measurement. In: **Measuring Productivity**. Introduction of Part II. 1985.

LeGAULT, T.M. Achieving perfection. **Canadian Plastics**. Nov,1998. Disponível em: <<http://www.umi.com/pqdweb>>. Acesso em 01 março 2005.

LINDERMAN, K. Six Sigma: a goal theoretic perspective. **Journal of Operational Management**, v.21, p.193-203, 2003.

LOVEJOY, W. S. Integrated operations: a proposal for operation management teaching and research. **Production and Operations Management**. University of Michigan Business School. v.7, n.2, p. 06-124. Summer 1998.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. de. **Noções de probabilidade e estatística**. São Paulo: Edusp, 2004.

MARASH, S. A. Six Sigma: business results through innovation. In: 54TH ANNUAL QUALITY CONGRESS OF THE AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, **Proceedings ...**

Indianapolis: Indiana, pp. 627–630, May 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Metodologia científica**. 3^a.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**: edição compacta. 3^a.ed. São Paulo, Atlas, 2001.

MAYER, R.C. Panorama da Industria Latino-americana de Software. **MBI – Mayer & Bunge**. CBEJI – Centro Brasileiro de Estudos Jurídicos da Internet. 2004. Disponível em <http://cbeji.com.br/br/downloads/secao/panorama.pdf>>. Acesso em 18 setembro 2005.

McCONNEL, S. Rapid development, taming wild software schedules. Redmond: Microsoft Press, 1996.

MOLOKKEN, K.; JORGENSEN, M. A review of software surveys on software effort estimation. ISESE. International Symposium on Empirical Software Engineering. **Proceedings...** Sep-Oct, 2003. Lysaker, Norway.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. John Willey and Sons. 1990.

MORAES, R. O. Condicionantes de desempenho dos projetos de software e a influência da maturidade em gestão de projetos. 2004. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia e Administração. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MÜLLER, A. R. **Teoria das Organização Humana**. São Paulo: Sociologia e Política. 1958.

MURUGAPPAN, M.; KEENI, G. Quality improvement: the Six Sigma way. ASIA PACIFIC CONFERENCE QUALITY SOFTWARE, IEEE. **Proceedings ...** CS Press, Los Alamitos, California, 2000, p. 248–257.

MURUGAPPAN, M.; KEENI, G. Blending CMM and Six Sigma do meet business goals. **IEEE Software**, 0740-7459, 2003.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: total productive maintenance**, São Paulo: IMC

Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAKANO, D.; FLEURY, A. Métodos de pesquisa na engenharia de produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (16º. ENEGEP). 1996. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP/ABEPRO. 1 CD-ROM.

NBR 6023. Informação e documentação: Referências – Elaboração. **ABNT**. Ago. 2002.

NBR 10520. Informação e documentação: citações em documentos – apresentação. **ABNT**. Ago. 2002.

NBR 10522. Abreviação na descrição bibliográfica. **ABNT**. Out. 1988.

NBR ISO/IEC 12207. Tecnologia de Informação: Processos de ciclo de vida de software. **ISO**, 1998.

O'DONNELL, K.; NOLAN, P. J., Undermining coal: labour, capital and state relations in a declining industry. **Historical Studies in Industrial Relations**, 2000.

PAGE-JONES, M. **Gerenciamento de projetos**: uma abordagem prática e estratégica. 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1990.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PARASURAMAM, A.; ZEITHMAL, V. A.; BERRY, L. L. **Delivering service quality**: balancing customer perceptions and expectations. New York: The Free Press, 1990.

PAULISH, D., CARLETON, A., Case studies of software process-improvement measurement. **IEEE Computer**, v.27, n.9, p.50-57, Silver Spring, 1994.

PAULK, M. C., WEBER, C. V., CURTIS, B., CHRISSIS, M. B. (eds). **The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process**. SEI, Addison-Wesley Longman Inc. 1997.

PEREZ-WILSON, M. **Seis sigma**: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1999.

PLEEGER, S. L. **Engenharia de Software**. 2^a.ed. São Paulo: Pearson–Prentice Hall, 2004.

POPPENDIECK, M. Lean programming. **Software Development Magazine**. 2001. Disponível em: <<http://agilealliance.org/articles/LeanProgramming.htm>>. Acesso em: novembro 2005.

POPPENDIECK, M.;POPPENDIECK, T. **Lean software development**: an agile toolkit. New York: Addison-Wesley, 2003.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**: técnicas para análises e da concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PRESSMAN, R. S. **Software Engineering**: a practitioner's approach. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

PUTNAN, L. H.; MYERS, W. **Measures for excellence**: reliable software on time within budget. Yourdon Press, 1992.

PYZDEK, T. There's no such thing as a common cause. **ASQC Quality Congress Transactions**. American Society for Quality. 1990.

PYZDEK, T. (a) **The Six Sigma handbook**: a complete guide for greenbelts, blackbelts, and managers at all levels. New York: McGrall-Hill, 2003.

PYZDEK, T. (b) Uma Ferramenta em Busca do Defeito Zero. **HSM Management**. n.38. mai-jun, 2003.

RABECHINI Jr, R. A Estruturação de Competências e Maturidade em Gerenciamento de Projetos. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

RAMOS, A. W. Controle estatístico de processo para pequenos lotes. São Paulo: Edgard

Blücher, 1995.

REIFER, D. J. How good are agile methods? **IEEE Software**, [S.1], p. 14-17, jul-ago, 2002.

ROCHA, A. R. C. da; MALDONADO, J. C.;WEBER, K. C. **Qualidade de software: teoria e prática**. São Paulo: Prentice Hall, 2001.

ROTONDARO, R. G. (a) Método Básico: Uma Visão Geral. In: ROTONDARO, R. G. (Org.). **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002. p. 23-48.

_____. (b) SFMEA: análise do efeito e modo da falha em serviços – aplicando técnicas de prevenção na melhoria de serviços. **Revista Produção**, v.12, n.2, 2002.

SALVIANO, C. F.; JINO, M; MENDES, M. J. Towards in ISO/IEC 15504: based process capability profile methodology for process improvement (PRO2PI). In: SPICE 2004: The Fourth International SPICE Conference on Process Assessment and Improvement, **Proceedings ...** Lisbon, Portugal, p. 77-84, April 28-29, 2004.

SENGE, P. M. **The fifth discipline: the art and practice of the learning organization**. New York: Currency/Doubleday, 1994.

SEVERINO,A.J. **Metodologia do trabalho científico**.22ªed.São Paulo:Cortez, 2004.

SHINGO, S. O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, E .L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2000.

SINK, D. S.;TUTTLE, T. C. Planning and measurement in your organization of the future. **How would you know**. Cap.5. Norcross: Industrial Engineering and Management Press, 1989.

SIY, H, P.; MOCKUS, A.; HERBSLEB, J, D.; KRISHNAN, M.; TUCKER, G, T. Making the software factory work: lessons from a decade of experience. In: **The Seventh International Symposium on Software Metrics**. London, England, Apr 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. Ed. compacta. São Paulo: Atlas, 1999.

SMITH, B. Six Sigma Design. **IEEE Spectrum**, p. 43-46. Sep. 1993.

SMITH, B.; ADAMS, E. Lean Sigma: advanced quality. In: 54th Annual Quality Congress of the American Society for Quality. **Proceedings ...** Indianapolis: Indiana, pp. 386–397, May 2000.

SMITH, K. Six Sigma for the service sector. **Quality Digest Magazine**, May 2003.

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

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 6^a. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

SPINOLA, M. M. Diretrizes para o desenvolvimento de software de sistemas embutidos. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

STANDISH GROUP INTERNATIONAL. **The chaos report**, 1999. Disponível em: <http://www.standishgroup.com/sample_research/PDFpages/Chaos_1999.pdf>. Acesso em novembro 2005.

_____. **Extreme chaos**, 2001. Disponível em: <http://www.standishgroup.com/sample_research/PDFpages/Extreme-chaos.pdf> Acesso em novembro 2005.

_____. **Latest Standish Group chaos report shows**

project success rates have improved by 50%. March, 2003. Disponível em <<http://www.standishgroup.com/press/article.php?id=2>>. Acesso em novembro 2005.

.Chaos demographics and project resolution: excerptp from the third quarter report. 2004. Disponível em: <http://www.standishgroup.com/sample_research/PDFpages/q3-spotlight.pdf> Acesso em novembro 2005.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à Administração.** São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.

STOKES, D. **O quadrante de Pasteur.** Campinas: Unicamp, 2005.

SUMANTH, D.J. Origin of the word productivity. In: **Productivity engineering and management**, New York, McGraw-Hill, 1984.

TAPSCOTT, D. Rethinking strategy in a networked world. **Strategy and Business**, i.24, p. 8, 2001.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 13^a ed. São Paulo: Cortez, 2004.

THOMAS, S.; HURLEY, S.; BARNES, D. Looking for the human factors in software quality management. **Proceedings ...** International Conference on Software Engineering: Education and Practice.

TUCKER, R. **Agregando valor a seu negócio.** São Paulo: Makron Books, 2001.

VanDOREN, E. Halstead complexity measures. software technology roadmap. **Kaman Sciences**, Colorado Springs. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, january 2004. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/halstead_body.html>. Acesso em 23 fevereiro 2006.

VOAS, J.; FRIEDMAN, M. **Software assessment:** reliability, safety, testability. New York:

John Wiley & Sons, 1995.

WALLACE, L.; KEIL, M. Software project risks and their effect on outcomes. **Communications of ACM**, v.47, n.4, p.68-73, Apr 2004.

WATSON, G. H. Cycles of learning: observations of Jack Welch. **ASQ Publication**, v.1, n.1, p. 45-58. November 2001.

WAXER, Charles. Process capability (Cp, Cpk) and process performance (Pp, Ppk) - what's the difference? **iSixSigma LLC**. Disponível em: <<http://www.isixsigma.com>>. Acesso em 30 março 2005.

WOILER, S.; MATHIAS, W.F. **Projetos**: planejamento, elaboração e análise. São Paulo: Atlas, 1996.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. São Paulo: Bookman, 2001.

YOURDON, E. Declínio e queda dos analistas e dos programadores. São Paulo: Makron Books, 1997.

ZAIRI, MOHAMED. O Verdadeiro significado da Competição. **HSM Management**. n.3, p.86-94. jul/ago 1997.

ZEMKE, R. Managing knock your socks off service recovery. Nova York: AMACOM, 2000.

ZINKGRAF, S. A. An overview of operational excellence and Six Sigma in Allied Signal. In: 52th Annual Quality Congress of the American Society for Quality. **Proceedings..** Philadelphia: Pennsylvania, pp. 173 – 175, May 1998.

Apêndices

Apêndice 1: Email de convite para participação no Estudo de Casos Múltiplos

A seguir estão descritos três tipos de *emails* trocados com as empresas convidadas em participar do levantamento sobre o uso do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*.

Email 1 – Convite inicial

Data: hh:mm ddth mês aaaa - Assunto: Pesquisa sobre Seis Sigma

Caro amigo,

Conforme conversamos, gostaria de formalizar o convite para que vc e sua organização participasse do projeto de pesquisa que estou realizando, como parte essencial das atividades da pesquisa sobre “A contribuição do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*”. Esta pesquisa é parte integrante da minha dissertação de mestrado junto ao Departamento de Engenharia da Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

De acordo com o que lhe expliquei, preciso realizar uma entrevista com um mínimo de três pessoas da organização, preferivelmente um gerente, um especialista em qualidade ou metodologia Seis Sigma e mais uma pessoa da área de desenvolvimento de *software*. Cada entrevista deve durar cerca de 2h00 e será feita de forma semi-estruturada, isto é, baseada em um questionário mas de livre seguimento.

Caso se confirme a possibilidade de sua participação, estarei lhe encaminhando uma cópia do questionário base das entrevistas bem como a carta de apresentação deste trabalho, assinada pelo meu orientador, Prof.Dr. Mauro de Mesquita Spinola.

Desde já, agradeço sua atenção e colaboração e aguardo contato. Aproveito ainda, para me colocar à sua disposição para qualquer esclarecimento que, por ventura, se faça necessário.

Email 2 - Agradecimento pela não realização do Estudo de Caso

Data: hh:mm ddth mês aaaa - Assunto: Pesquisa sobre Seis Sigma

Caro amigo,

Acuso o recebimento de seu recado pelo qual sua empresa declina a participação no levantamento que estou realizando como parte integrante e essencial da minha dissertação de mestrado. Reconheço e acato as razões alegadas, mas me cumpre registrar a perda desta grande oportunidade acadêmica para entender os motivos que embasam o uso do Seis Sigma para a melhoria dos processos de *software*.

De qualquer maneira, o mantereii informado sobre o andamento do meu trabalho de pesquisa e aproveito o ensejo para lhe agradecer as importantes informações e “dicas”, que certamente contribuirão imensamente para meu conhecimento e crescimento acadêmico.

Aproveito ainda, para me colocar mais uma vez à sua disposição para qualquer esclarecimento que venha justificar o meu pedido.

Grato pela atenção,

Email 3 - Continuidade e tratativas iniciais para a realização do Estudo de Caso

Data: hh:mm ddth mês aaaa - Assunto: Pesquisa sobre Seis Sigma

Caro amigo,

Acuso o recebimento de sua resposta ao meu *email* anterior e agradeço a manifestação de interesse em participar do levantamento que estou realizando como parte integrante e essencial da minha dissertação de mestrado.

Segue, conforme combinamos, uma cópia da carta de apresentação da minha pessoa e do trabalho que estou realizando, bem como uma cópia do questionário que servirá de base para a entrevista.

Aguardo seu contato para elaborarmos o planejamento das entrevistas, isto é, determinação das pessoas com quem estarei conversando, ajuste das agendas, formas de validação dos apontamentos e demais detalhes envolvidos com este trabalho.

Aproveito do ensejo para agradecer-lhe a oportunidade de realização deste trabalho acadêmico na sua empresa.

Grato pela atenção,

Apêndice 2: Carta de apresentação do pesquisador

São Paulo, julho de 2005.

Prezados Senhores,

O Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, através do Grupo de Estudos em Tecnologia da Informação, vem desenvolvendo diversas pesquisas relacionadas com a gestão da Tecnologia da Informação e, entre elas, estudos a respeito da melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*.

O Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio do aperfeiçoamento contínuo dos processos de produção de um bem ou serviço e da eliminação sistemática dos defeitos, falhas e erros, levando em consideração todos os aspectos importantes do negócio que possam diferenciar a empresa junto aos seus clientes.

É bastante provável que endereçar as melhorias no processo de desenvolvimento de *software* através dos princípios do Seis Sigma possa contribuir sobremaneira para as organizações de *software*, notadamente aquelas que mantêm programas regulares de melhoria da qualidade. Entretanto, não existem pesquisas em quantidade suficiente para que se possa aquilatar a real contribuição desta metodologia na área de *software*.

É neste contexto que se enquadra a presente pesquisa acadêmica, realizada na forma de um estudo de casos múltiplos e que está sendo realizada para suporte a uma das dissertações de mestrado em Engenharia de Produção.

Para a consecução desta pesquisa, gostaríamos de contar com a colaboração da sua organização, que notadamente vem aplicando os princípios do Seis Sigma na melhoria dos processos de *software* e cuja experiência nos ajudará bastante para entender alguns fenômenos:

- Pode a metodologia Seis Sigma contribuir eficazmente para a melhoria nos processos de desenvolvimento de *software*?
- A organização que optar por esta metodologia deve implementá-la de forma completa ou pode valer-se das melhores práticas recomendadas e implementar somente aquelas que mais lhe dizem respeito ?
- O que leva uma organização a buscar a melhoria nos seus processos de *software*?
- O que a metodologia Seis Sigma pode contribuir com esta melhoria ?
- Como medir esta contribuição ?
- Quais os processos de desenvolvimento de *software* são mais factíveis para a adoção desta metodologia?
- Quais os resultados efetivos que a adoção parcial ou completa do Seis Sigma trouxe para a organização ?
- O que a empresa que o adotou faria diferente se tivesse que reiniciar o processo ?
- Quais foram as lições aprendidas ?

O pesquisador, Antonio Carlos Tonini, RG 3.991.005-2, é aluno regular da Universidade de São Paulo, inscrito sob o número 593.152-2, participante do programa de mestrado e meu orientado.

O trabalho de pesquisa na sua organização deverá ser realizado com um grupo de pessoas para atender os princípios de aleatoriedade e confiabilidade dos dados, os quais serão devidamente revisados pelo pesquisador. Todas as informações obtidas junto à sua organização serão utilizadas única e exclusivamente nesta pesquisa e serão mantidas sob extremo sigilo e confidencialidade.

No aguardo de um pronunciamento por parte dos senhores, colocamo-nos à sua disposição para os esclarecimentos necessários.

Em nome do Departamento de Engenharia da Produção da EPUSP e em meu nome particular, reitero meus sinceros votos de estima e consideração.

Muito obrigado,

Prof. Dr. Mauro de Mesquita Spinola

Depto de Engenharia da Produção

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Almeida Prado,

Fone: (11) 3814-7366 ramal 406

(recados com Ivelise ou Érika)

mauro.spinola@poli.usp.br

antonio.tonini@poli.usp.br

Apêndice 3: Questionário de pesquisa

Este documento contém as questões de pesquisa para o estudo de casos múltiplos referente à dissertação de mestrado: “A Contribuição do Seis Sigma para a Melhoria dos Processos de *Software*”.

As questões estão classificadas em dois grupos:

- dados sobre a empresa e a unidade de análise;
- dados referentes à metodologia Seis Sigma e os processos de *software*.

1. Dados da Empresa

Os dados da empresa têm a finalidade de descrever a organização como um todo, a unidade de negócio ou o departamento que representa a efetiva unidade de análise.

Os dados estão sub-agrupados nos seguintes blocos: descrição dos negócios, atividades produtivas, estrutura organizacional e histórico da qualidade.

Esses dados permitem descrever o **cenário** necessário para o entendimento das questões relativas à Metodologia Seis Sigma e **definir as variáveis independentes** que permitem **comprovar a primeira proposição** (*As organizações que desenvolvem software devem atender alguns pré-requisitos ambientais, estratégicos, culturais para que possam usufruir os benefícios da metodologia Seis Sigma*).

1.1 Descrição dos negócios da Unidade de Análise

A Unidade de análise pode ser a empresa, uma unidade de negócio ou um departamento onde está sendo realizada a pesquisa.

Os dados a serem questionados são os seguintes:

- participação do *software* na receita (faturamento) da unidade de análise
- clientes (quantidade e perfil) que influenciam a produção dos produtos
- exigências mais características dos clientes

- análise SWOT – quais as oportunidades e ameaças em rela
- fatores críticos de sucesso da organização
- política da qualidade: missão, visão, valores
- descritivo do momento atual de negócios x desenvolvimento de *software*
- Localização geográfica

1.2 Atividades produtivas

Este item visa entender como é realizada a atividade produtiva e quais são os produtos de *software* produzidos.

Este conjunto de questões fundamenta a existência de estrutura fabril do desenvolvimento de *software*.

Fornece também dados para as variáveis independentes da segunda proposição (A metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada uniformemente para todos os processos de *software*).

Os dados a serem questionados são os seguintes:

- produto(s) produzidos
- forma de produção: linha de produção, batelada, por encomenda
- processos de desenvolvimento de *software* (escopo, produtos de trabalho)
- métricas utilizadas na produção de *software*

1.3 Estrutura organizacional

Este conjunto de questões aborda a estrutura organizacional (força de trabalho) para o desenvolvimento de *software*.

Serve para consolidar o cenário e dar subsídios para a primeira proposição (As organizações que desenvolvem *software* devem atender alguns pré-requisitos ambientais, estratégicos, culturais para que possam usufruir os benefícios da metodologia Seis Sigma).

Os dados a serem questionados são os seguintes:

- estrutura organizacional padrão: hierárquica, funcional, matricial, terceirização
- perfil do corpo técnico
- estrutura da área de qualidade (SEPG)

1.4 Histórico da melhoria de processos

Este conjunto de perguntas tem relação com a consolidação do cenário e visa suportar as variáveis independentes da primeira proposição (*As organizações que desenvolvem software devem atender alguns pré-requisitos ambientais, estratégicos, culturais para que possam usufruir os benefícios da metodologia Seis Sigma*)

Os dados a serem questionados são relativos à adoção de um sistema de:

- qualidade do produto
- maturidade de processos
- gerenciamento de projetos.

1.5 Pesquisa

Esta questão diz respeito à equipe entrevistada, responsável por prestar informações para a pesquisa, garantindo desta forma, a qualidade e a acurácia dos dados obtidos.

2 Metodologia Seis Sigma

Este grupo de questões diz respeito à metodologia Seis Sigma especificamente.

2.1 Contato Inicial

Esta questão diz respeito ao contato inicial da unidade de análise com a metodologia Seis Sigma e quais os motivadores decisórios para a sua utilização. Forma base para a primeira proposição (*As organizações que desenvolvem software devem atender alguns pré-requisitos ambientais, estratégicos, culturais para que possam usufruir os benefícios da metodologia Seis Sigma*).

As questões são as seguintes:

- como conheceu o Seis Sigma
- como a Alta Direção foi convencida
- o que levou a organização a se decidir pelo uso da metodologia no desenvolvimento de *software*
- quais foram os treinamentos, palestras, avaliações de diagnósticos

2.2 Planejamento da Implementação

Este grupo de questões está relacionado com a adequação dos conceitos do Seis Sigma e os processos da empresa. Gera subsídios para a segunda e terceira proposições (*A metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada uniformemente para todos os processos de software*) e (*A metodologia Seis Sigma pode ser utilizada total ou parcialmente nos processos de software,*) respectivamente.

As questões são as seguintes:

- treinamento em estatística
- estrutura dos líderes
- escolha dos projetos
- quais metas foram traçadas inicialmente
- qual o investimento realizado
- quais as variáveis / métricas são controladas
- quais os processos de desenvolvimento de *software* são mais factíveis para a adoção desta metodologia?

2.3 Execução da Metodologia

Este grupo de questões está relacionado com a implementação propriamente dita da metodologia Seis Sigma na unidade de análise. Gera subsídios diretos para a terceira proposição (*A metodologia Seis Sigma pode ser utilizada total ou parcialmente nos processos*

de software) e indiretos para a segunda proposição (*A metodologia Seis Sigma não pode ser aplicada uniformemente para todos os processos de software*).

As questões são as seguintes:

- a metodologia foi total ou parcialmente implementada
- qual a metodologia normalmente utilizada (DMAIC, DMADV ou outra)
- como distinguir problemas e novos projetos
- o que é considerado importante

2.4 Revisão

Este grupo de questões está relacionado com as conclusões que o estudo pretende formular, isto é, as variáveis dependentes da pesquisa.

As questões são as seguintes:

- o que não funciona no Seis Sigma
- o que a unidade de análise está modificando
- o que a unidade de análise faria diferente se tivesse que reiniciar o processo

2.5 Resultados obtidos

Este grupo de questões também está relacionado com as conclusões que o estudo pretende formular, isto é, as variáveis dependentes da pesquisa.

As questões são as seguintes:

- como medir esta contribuição
- quais os resultados efetivos que a adoção parcial ou completa do Seis Sigma trouxe para a organização
- quais foram as lições aprendidas

Anexos

Anexo 1 – Tipos de dados

Costa Neto (2003) observa que, ao se tratar estatisticamente os dados oriundos de um processo deve-se atentar para o tipo de dado e para o comportamento da distribuição dos resultados possíveis deles. Quanto ao tipo, os dados podem ser:

- *variáveis*: resultados provenientes de aspectos objetivos e mensuráveis de um processo, que por sua vez, podem ser contínuas ou discretas. As variáveis contínuas podem conter qualquer valor delimitado por uma determinada faixa (por exemplo, o tempo de realização de uma atividade), enquanto as variáveis discretas contêm valores passíveis de contagem (por exemplo, a quantidade de erros encontrados em produto);
- *atributos*: interpretações de resultados de variáveis, que estão associadas a uma determinada regra (por exemplo, a quantidade de peças defeituosas). Normalmente, um atributo tem um comportamento dicotômico, ou seja, assume um determinado valor entre dois valores possíveis.

Anexo 2– Controle estatístico do processo

O controle estatístico do processo (CEP) tem por finalidade controlar o comportamento das variáveis e dos atributos ao longo do tempo, reduzindo a variabilidade do processo, monitorando e estimando os parâmetros dos processos e dos produtos produzidos. Ele é expresso através da carta de controle, que é uma das ferramentas mais importantes, cujos fundamentos foram propostos pelo Dr. Walter Shewhart entre as décadas de 20 e 30 no *Bell Telephone Laboratories*.

Inicialmente, o foco do CEP era o produto e o controle sobre a produção com defeito e, por esta razão, perdia-se em produtividade para resolver problemas da qualidade do produto. Em outras palavras, a produtividade tinha um sentido antagônico em relação à produção, atesta Costa Neto (2003).

Atualmente, o objetivo fundamental do CEP evoluiu no sentido de controlar o processo (causa), responsável pela produção do produto ou serviço (efeito), o qual, por sua vez, pode ou não ter defeitos ou ser de melhor ou pior qualidade. O Quadro 5-1 faz uma comparação entre os tipos de controle.

Quadro 5-1 Controle de produto e de processo

(fonte: COSTA NETO, 2003)

Tipo de controle	sobre o produto	sobre o processo
Ênfase	Detecção de defeitos	Prevenção de defeitos
Objetivo	Separar os itens bons dos ruins	Evitar itens ruins
Padrão de comparação	Limites de especificação	Limites de controle
Tipo de ação	Inspeção	Controle
Responsável	Operador	Todos os envolvidos

O gráfico ou carta de controle é um gráfico de duas dimensões cuja finalidade é mostrar os valores obtidos de uma determinada característica do processo ao longo do tempo ou, em outras palavras, mostrar o seu comportamento.

A Figura 5-1 mostra um modelo de carta de controle. Nela, a linha central representa o valor médio das amostras, ou seja, a sua condição normal. Os limites de controle superior e inferior são estabelecidos a três desvios-padrões fazendo com que a probabilidade de um ponto estar dentro dos limites seja de 99,74 % e, se o processo está estável, sendo que a probabilidade de um ponto cair fora dos limites de controle torna-se muito pequena.

Figura 5-1 Carta de Controle

(fonte: RAMOS, 1995)

Quando existem pontos além dos limites inferior e superior, diz-se que o processo está instável, ou não está sob controle ou, ainda, é imprevisível. Isto ocorre porque existem causas especiais atuando no processo; elas ocorrem de forma independente e não controlado. Para que se configure esta situação basta haver um único ponto acima do Limite superior de controle (LSC) ou abaixo do Limite inferior de controle (LIC).

A Figura 5-2 mostra um exemplo de processo instável.

Figura 5-2 Atuação das causas especiais

(fonte: RAMOS, 1995)

Quando há causas especiais atuando no processo e ocorrendo um pouco mais do que esporadicamente, o efeito pode ser um dos indicados na Figura 5-3:

Figura 5-3 Efeitos de causas especiais

(fonte: RAMOS, 1995)

Quando todos os pontos estão distribuídos aleatoriamente entre os limites superior e inferior, diz-se que o processo está estável estatisticamente, ou sob controle ou é previsível. Neste caso, a variação se deve somente às causas comuns. Um processo é dito sob controle (ou estatisticamente estável ou previsível) quando somente causas comuns estiverem presentes.

A Figura 5-4 mostra um processo variando segundo causas comuns.

Figura 5-4 Atuação de causas comuns

(fonte: RAMOS, 1995)

Entretanto, mesmo tendo um comportamento previsível, é possível observar algumas tendências. Para isso, separa-se a área compreendida entre os limites de controle em seis zonas (três acima da média e três abaixo da média). A zona C vai até um desvio-padrão, a zona B vai até dois desvios-padrões e a zona A vai até 3 desvios padrões.

A Figura 5-5 mostra graficamente as zonas A, B e C.

Figura 5-5 Zonas para análise do CEP

(fonte: COSTA NETO, 2003)

A análise de tendência pode mostrar:

- presença de ciclos ou tendências nos pontos: seis pontos consecutivos aumentando ou diminuindo, ou pontos oscilando para cima e para baixo;
- estratificação ou falta de variabilidade: 15 pontos consecutivos na zona C ou 14 pontos consecutivos alternando-se para cima e para baixo;
- sequência de pontos próximos aos limites: oito pontos consecutivos fora da zona C, dois ou três pontos consecutivos na zona A ou, então, quatro ou cinco pontos consecutivos fora da zona C;
- sequência de pontos do mesmo lado da linha média: nove pontos consecutivos do mesmo lado da linha média.

Uma das críticas que se faz ao CEP, identificadas por Shingo (1996), é que ele é inadequado para medidas preventivas, pois as informações que ele gera são sempre após o fato ocorrido.

DeVor *et al.* (1992) discutem a frequência ideal e a escolha do tamanho das amostras. Segundo eles, deve-se levar em conta as condições do processo e a frequência das causas especiais. No primeiro caso, um processo sobre o qual nunca foram feitos estudos de

estabilidade, exige uma frequência maior de amostragem para identificar as oportunidades de melhorias o mais rapidamente possível. No outro caso, deve ser analisada a distância do tempo de ocorrência das causas especiais. Quanto mais tempo demora para acontecer uma causa especial, mais tempo este processo poderia ficar sem um controle mais acurado.

Outras considerações se aplicam quando se comparam os limites naturais (de controle) do processo com os limites da especificação. Neste caso existem três possibilidades:

- os limites naturais do processo são menores do que os limites da especificação. Nesta situação, a média do processo pode sofrer deslocamentos consideráveis sem afetar a qualidade do produto ou serviço. A situação 1 da Figura 5-6 mostra este caso.
- os limites naturais do processo e os limites da especificação estão muito próximos um do outro. Um pequeno deslocamento da média do processo resulta numa mudança considerável de itens fora de especificação. A situação 2 da Figura 5-6 mostra este caso;
- os limites naturais do processo excedem os limites da especificação; neste caso, uma grande porcentagem das unidades produzidas ficarão fora da especificação, independentemente da localização da média do processo. A situação 3 da Figura 5-6 ilustra este caso.

Figura 5-6 Limites naturais x limites de especificação

(fonte: COSTA NETO, 2003)

Anexo 3 – Cálculo da capacidade para dados contínuos

Como já indicado, o cálculo da capacidade pode ser feito com base em dados contínuos (como o tempo) ou dados discretos (como a quantidade de defeitos).

Para os dados contínuos, podem ser calculados os índices:

- índice de capacidade Cp e Cpk
- índice Pp e Ppk
- índice de capacidade Sigma

Índice de capacidade Cp

Este índice corresponde à relação entre a tolerância total da especificação ou de engenharia (LSE - LIE) e a amplitude (dispersão total) dos limites naturais do processo (LSC – LIC), isto é, compara a variação total permitida pela especificação com a variação consumida pelo processo. Como não leva em consideração a média do processo, ele mede a capacidade potencial do processo. Lembrar que:

$$LSC - LIC = (\mu + 3\sigma) - (\mu - 3\sigma) = 6\sigma$$

A representação algébrica deste índice é dada pela Fórmula 5-1.

LSE – LIE	LSE – LIE
Cp = $\frac{\text{-----}}{\text{LSC – LIC}}$	= $\frac{\text{-----}}{6\sigma}$

Fórmula 5-1 Cálculo do Índice de Capacidade do Processo (ICP)

Os valores do Cp são interpretados da seguinte forma:

- Se $Cp < 1$, então o processo é incapaz;
- Se $1 < Cp < 1,6$, então o processo tem uma capacidade média;
- Se $Cp > 1,6$, então o processo tem uma alta capacidade.

Índice Cpk

O índice Cpk considera o valor da média do processo, o que permite que ele seja interpretado como uma medida da capacidade real do processo. Ele é um ajuste efetuado para corrigir as

distorções estatísticas, possibilitando medir a consistência do processo em torno da sua média.

O Cpk é definido como o menor valor entre Cpi e o Cps, que são o índice Cp calculado em relação ao limite inferior e superior, respectivamente. A notação algébrica para o Cpk é dada pela

$$Cpk = \min \left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right)$$

Fórmula 5-2 Cálculo do Cpk

onde:

μ é a média do processo

σ é o desvio-padrão do processo

LSE é o limite superior de especificação

LIE é o limite inferior de especificação

Quando um processo estiver centrado na média, os valores de Cp e Cpk são iguais.

Índices Pp e Ppk

Os índices Pp e Ppk são índices de desempenho dos processos (*performance process*), os quais verificam se a amostra é capaz de atender as exigências do cliente que são críticas para a qualidade (CTQs). Esta medida somente é utilizada quando o controle do processo não pode ser avaliado, como nas medições de um *setup* de um processo.

O Ppk é um ajuste efetuado para corrigir as distorções estatísticas, anulando o efeito de distribuições não centradas na média.

A formulação destes índices é similar aos índices Cp e Cpk, sendo que em vez da média (μ) e do desvio padrão (σ) do processo, utiliza-se a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (s) de uma amostra.

Índice de capacidade Sigma

Este índice mede a distancia da média à especificação mais próxima (LIE ou LSE) em quantidade de desvios padrões, tendo como base a normal reduzida (z). A derivação do índice de capacidade Seis Sigma (a longo prazo) é o indicado na Fórmula 5-3.

$$Z_{lp} = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Fórmula 5-3 Índice de capacidade Seis Sigma (a longo prazo)

Calculando para os índices de capacidade inferior (Zi) e superior (Zs):

$$Z_{\min} = \frac{LIE - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu - 6\sigma) - \mu}{\sigma} = -6$$

$$Z_{\max} = \frac{LSE - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu + 6\sigma) - \mu}{\sigma} = +6$$

Ainda:

$$P(x < LIE) = P(z < -6) = 1,25 \text{ partes por bilhão}$$

$$P(x > LSE) = P(z > +6) = 1,25 \text{ partes por bilhão}$$

Comparando-se o Cpk com Zs (o mesmo raciocínio vale para comparação entre o Cpk com zi), tem-se que:

$$Z_s = 3 Cpk = \frac{LSE - \mu}{\sigma}$$

Fórmula 5-4 Índices de capacidade

Para se anular o efeito da não centralização do processo, desconta-se 1,5 desvios-padrão do índice de capacidade. Assim, na prática trabalha-se com o Índice de capacidade Seis Sigma de curto prazo (Zcp).

Anexo 4 – Cálculo da capacidade para dados discretos

O cálculo da capacidade sigma para dados discretos pode ser feito com base na proporção de unidades defeituosas, nos defeitos por unidade produzida ou nos defeitos por oportunidade.

Para discutir a forma de cálculo, considere-se o seguinte exemplo:

- número de linhas de código (unidades) produzida (U) = 50.000
- número de linhas de código (unidades) defeituosas (R) = 100
- número total de defeitos (D) = 110
- número de oportunidades de defeito por linha de código (O) = 3

Capacidade sigma baseada na proporção de unidades defeituosas

Este cálculo é modelado a partir da distribuição binomial, pois não faz distinção entre unidades (linhas de código) com um defeito ou mais defeitos, nem considera uma ponderação de complexidade, por meio do número de oportunidades de defeito por unidade.

Assim:

$$PD \text{ (\% de unidades defeituosas)} = (R / U) = 100 / 50000 = 2 \%$$

$$Y_1 \text{ (rendimento)} = 100 \% - PD = 98 \%$$

$$Z_{\text{bench}} \text{ (calculado na tabela Z, para distribuição normal, a partir de } Y_1) = 2,5$$

$$\text{Capacidade sigma (somando-se 1,5 sigma ao } Z_{\text{bench}}) = 3,55$$

Capacidade sigma baseada em defeitos por unidade

Este cálculo é estruturado a partir de uma distribuição de Poisson, diferenciando unidades (linhas de código) com um defeito de unidades com mais de um defeito, sem levar em conta o número de oportunidades de defeitos por linha de código. Harry (1998) recomenda este tipo de cálculo, quando se deseja calcular o rendimento total de um processo com várias etapas (*rolled throughput yield*).

Assim:

DPU (defeitos por unidade) $D/U = 110 / 50000 = 0,022$

Y_2 (rendimento) $= e^{-DPU} = e^{-0,022} = 97,82 \%$

Z_{bench} (calculado na tabela Z, para distribuição normal, a partir de Y_2) $= 2,02$

Capacidade sigma (somando-se 1,5 sigma ao Z_{bench}) $= 3,52$

Capacidade sigma baseada em defeitos por oportunidade

Este cálculo é feito a partir de uma distribuição binomial, considerando que uma unidade (linha de código) pode ter nenhum, um ou tantos defeitos quantos indicados no número de oportunidades de defeitos por linha de código, isto é, considerando a sua complexidade.

Assim:

DPO (defeitos por unidade) $D / (U \times O) = 110 / (50000 \times 3) = 0,73 \%$

Y_3 (rendimento) $= 100 \% - DPO = 99,27 \%$

Z_{bench} (calculado na tabela Z, para distribuição normal, a partir de Y_3) $= 2,44$

Capacidade sigma (somando-se 1,5 sigma ao Z_{bench}) $= 3,94$

Anexo 5 – Distribuição estatística dos resultados

Os resultados das variáveis oriundas de um processo qualquer envolvem sempre o elemento da incerteza ou do acaso, o que leva a concluir que é virtualmente impossível afirmar por antecipação qual vai ser o resultado. O ponto central, acrescenta Stevenson (1981), é a possibilidade de quantificar quão provável é um determinado evento. A probabilidade é utilizada, então, para exprimir a chance de ocorrência de determinado evento ou comportamento. A validade da aplicação de uma determinada distribuição estatística a um problema depende do grau de aproximação entre a situação real e o conjunto de condições admitidas na distribuição de probabilidades. Na visão estatística, as distribuições podem ser contínuas ou descontínuas.

As distribuições descontínuas de probabilidade, segundo Costa Neto (2003), envolvem variáveis aleatórias relativas a dados que podem ser contados (variáveis discretas), enquanto as distribuições contínuas se aplicam na situação em que uma variável apresenta um grande número de resultados.

Anexo 6 – Distribuição normal de probabilidade

As distribuições normais de probabilidade representam com boa aproximação, as distribuições reais de frequência observadas de muitos fenômenos naturais e físicos quando envolvem uma grande quantidade de resultados. Estas distribuições foram “descobertas” no século XVIII. Astrônomos e outros cientistas notaram que as diversas mensurações de um mesmo fenômeno produziam uma distribuição análoga à forma de um sino. E como essa forma gráfica vinha associada aos erros de mensuração, chamaram-na de “distribuição normal dos erros” ou simplesmente “distribuição normal”. Constatou-se subsequenteemente que a distribuição podia ser bem aproximada por uma distribuição matemática equivalente, a qual recebeu o nome de distribuição Gaussiana, em razão da contribuição de Karl F. Gauss (1777-1855) à sua teoria matemática.

Magalhães e Lima (2004) ensinam que o formato de “sino” é suave, unimodal e simétrico em relação a sua média. Além disso, a curva se prolonga indefinidamente em qualquer das direções, a partir da média; à medida em que aumenta a distância em relação à média, ela tende cada vez mais para o eixo horizontal, mas nunca chega a tocá-la; teoricamente, os valores possíveis vão de $-\infty$ a $+\infty$, conforme ilustra a parte 1 da Figura 5-7. A distribuição normal fica completamente especificada por dois parâmetros a média (μ) e o seu desvio padrão (σ), isto é, existe uma única distribuição normal para cada combinação de uma média e um desvio padrão, conforme mostra a parte 2 da figura 5-7.

A área total sob qualquer curva normal representa 100 % da probabilidade associada à variável aleatória contínua; a probabilidade de um valor inferior como superior à média é de 50 %.

Figura 5-7 Representação gráfica de distribuição normal

(fonte: MAGALHÃES e LIMA, 2004)

A probabilidade de prever exatamente um valor é zero, pois a escala de mensuração é contínua. Por outro lado, a probabilidade de uma variável tomar o valor entre dois pontos quaisquer $P(a < x < b)$ é igual à área sob a curva normal compreendida entre os dois pontos, conforme mostra a parte 1 da Figura 5-7 (pontos a e b). Uma vez que a distribuição normal depende da sua média e do seu desvio padrão, a área sob a curva entre um ponto qualquer e a média é função somente do número de desvios padrões que aquele ponto dista da média.

Se uma variável tem distribuição normal, cerca de 68 % de seus valores estão no intervalo de um desvio padrão a contar de cada lado da média; cerca de 95,5% no intervalo de dois desvios padrões e cerca de 99,7 % dentro de três desvios padrões.

Anexo 7 – Distribuição Normal Padronizada

Magalhães e Lima (2004) ensinam também que um modo prático de se trabalhar com a distribuição normal é através da Distribuição Normal Padronizada. Resumidamente, o processo de transformação consiste em converter a diferença efetiva entre a média e um ponto qualquer para uma diferença relativa em termos do número de desvios padrões entre a média e o ponto qualquer. Algebricamente, pode-se escrever:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Fórmula 5-5 Quantidade de desvios padrões a partir da média

ou, para se retornar aos valores efetivos:

$$\text{Valor efetivo (x)} = \mu + z \sigma$$

Fórmula 5-6 Valor efetivo da distribuição

onde:

z = número de desvios padrões a contar da média (os valores acima da média são positivos, enquanto os valores abaixo da média são negativos)

x = valor arbitrário

μ = média da distribuição normal

σ = desvio padrão

Os exemplos na Quadro 5-2 mostram a conversão do ponto efetivo em número desvios padrões.

Quadro 5-2 Exemplos de conversão de valor efetivo x número de desvios padrões**(fonte: o autor)**

Média (μ)	Desvio padrão (σ)	Valor qualquer (x)	Diferença relativa (z)
25	2	23	-1
30	2,5	37,5	3

O Quadro 5-3 mostra dois exemplos de conversão no sentido inverso, isto é, dado o número de desvios padrões entre o ponto e a média, encontrar o ponto efetivo,

Quadro 5-3 Exemplos de conversão de número de desvios padrões x valor efetivo**(fonte: o autor)**

Média (μ)	Desvio padrão (σ)	Diferença relativa (z)	Valor efetivo (x)
50	3	23	-1
30	2,5	37,5	3

Anexo 8 – Uso da Tabela Normal Padronizada

A simplificação proporcionada pela Distribuição Normal Padronizada, segundo MAGALHÃES e LIMA (2004), permite também calcular a área entre dois pontos quais sob a curva da distribuição normal, através de uma tabela normal padronizada. A média passa a servir como ponto de referência (origem) e o desvio padrão como uma unidade de medida. A tabela é construída em termos de z (quantidade de desvios padrões) com até 3 decimais e informa a área sob a curva, isto é, a probabilidade de um ponto estar no intervalo entre o ponto e a média:

Por exemplo, a probabilidade de $z = 1,83$ é 46,64 %, conforme mostra a Figura 5-8.

Figura 5-8 Uso da Tabela Normal Padronizada

(Fonte: MAGALHÃES e LIMA, 2004)

Anexo 9 – Quality Function Deployment (QFD)

Segundo Carvalho (2002), o método *Quality Function Deployment* – (QFD), proposto em 1966 por Yoji Akao, é um método para o desenvolvimento da qualidade de projetos dirigida para a satisfação do consumidor e, a partir desta, traduzir as demandas do consumidor em metas de projeto e pontos prioritários para a garantia da qualidade.

Para a autora, ele muda a forma com a qual a engenharia de novos produtos foi executada. Em vez de “empurrar” as atividades de desenvolvimento, o processo é iniciado pelas necessidades reais do consumidor, orientando (“puxando”) as atividades de produção. A lógica de funcionamento é aproximar produtores e consumidores, como antigamente o artesão conhecia os desejos de sua clientela. O ponto de partida é a “Casa da Qualidade”, conforme mostra a Figura 5-9.

Figura 5-9 A “Casa da Qualidade” no QFD

(fonte: Carvalho, 2002)

O objetivo da Casa da Qualidade é elencar os requisitos do consumidor, priorizando aqueles que maximizam a satisfação do consumidor, e relacionar estes requisitos às características da qualidade do produto que os traduzam. É nesta matriz que se estabelecem as metas para as

características da qualidade do produto e as estratégias de desdobramento que nortearão os demais passos do método. Os componentes desta matriz são: a Voz do consumidor, a Análise da concorrência, a Voz da Engenharia, os Relacionamentos, a Correlação Triangular e a Comparação.

A voz do consumidor

A primeira etapa do método é captar a "voz do consumidor", ou seja, levantar em linguagem natural os atributos que influenciam a percepção do consumidor para a qualidade do produto procedendo a uma ordenação entre eles, bem como dos pontos fortes e fracos do produto com relação a estes atributos, sempre sob o prisma do consumidor. Com base nesta análise, é possível a focalização das ações de melhoria no produto e a definição de estratégias de *marketing*. Cada um dos atributos é um Requisito do Consumidor (RC), que podem ser divididos em:

- itens básicos da qualidade – são considerados importantes para o cliente somente se não estão presentes no produto. Neste caso, diz-se que é a qualidade esperada ou "preço de admissão" ao mercado . É preciso observar que estes requisitos não são declarados pelo consumidor e estão geralmente ligados à confiabilidade do produto;
- itens de desempenho –são requisitos declarados, de qualidade unidimensional, podendo ser obtidos por entrevistas ou outro tipo de pesquisa direta com o consumidor;
- itens de encantamento do consumidor –têm importância exponencial na satisfação dos consumidores. Entretanto, tais itens não podem ser obtidos do consumidor, que ainda não está buscando estas características no produto. Para obter os itens de encantamento, o time do QFD deve acompanhar as inovações tecnológicas e observar o comportamento dos consumidores.

Após identificá-los, passa-se a agrupá-los e hierarquizá-los e atribuir-lhes a importância relativa. Esta importância é traduzida de forma quantitativa, utilizando-se valores entre 1 e 5, ou porcentagens.

A Análise da Concorrência

A análise da concorrência traduz os elementos de competição externos à empresa e é elaborada sob a ótica do consumidor e abrange três aspectos para cada RC:

- a avaliação comparativa dos principais produtos concorrentes existentes no mercado (*benchmarking* externo) – quanto ao grau de satisfação a um determinado RC, segundo uma determinada escala;
- os pontos de venda –representam o peso de um RC sob o prisma da estratégia da empresa ou do time do projeto. Em geral, é utilizada a escala de 1.5 para pontos fortes de venda, 1.2 para pontos de venda e 1.0 para os itens que não são pontos de venda.

A Voz da Engenharia

A Voz da Engenharia traduz as características da qualidade e permite traduzir a Voz do Consumidor em linguagem técnica, ou seja, RCs em Características da Qualidade (CQs) do produto. Para tal, são listadas as características da qualidade que estão diretamente relacionadas aos requisitos do consumidor estabelecidos anteriormente. Uma CQ pode afetar mais de um RC.

As CQs devem ser mensuráveis, uma vez que deverão ser controladas e comparadas com valores estabelecidos como meta. Para indicar a direção em que a melhoria deve ocorrer nas CQs, é utilizado um sinal (+/-) ou setas. Vale ressaltar que as CQs também podem ser agrupadas e hierarquizadas.

A Matriz dos Relacionamentos

O relacionamento entre as CQs e os RCs são demonstrados na Matriz de Relacionamentos através de símbolos apropriados. O relacionamento pode ser classificado em forte (9 pontos), médio (3 pontos) e fraco (1 ponto).

Após completar esta matriz já possível fazer uma análise se as CQs satisfazem adequadamente os RCs, preenchendo-se os cruzamentos entre a CQ e o RC, com símbolos representativos do relacionamento: inexistência de relacionamento, relacionamento fraco e relacionamento forte.

A Matriz de Correlação Triangular

Nesta matriz ("telhado" da Casa da Qualidade), estão representadas as correlação entre as CQs. A finalidade desta matriz é explicitar a dependência entre as CQs, e, conseqüentemente, identificar CQs conflitantes, para as quais é difícil a otimização conjunta quanto à satisfação do consumidor bem como aquelas que interagem de forma positiva. A correlação também é expressa por símbolos, que representam o grau de intensidade da correlação e a forma, positiva, negativa ou do tipo *trade-off*.

A Matriz de Comparação

A Matriz de Comparação permite fazer a análise competitiva interna é elaborada sob a ótica do consumidor e compreende a avaliação comparativa dos principais produtos concorrentes existentes no mercado (*benchmarking* interno) – elaborada com o objetivo de quantificar, na unidade de medida mais adequada, as CQs do "nosso" produto e dos principais concorrentes.

O valor para cada CQ corresponde à soma de cada produto (CQ x RQ na matriz de relacionamento) pelo análise competitiva externa de cada RQ.

Metas quantitativas

As metas para cada CQ são obtidas através da análise competitiva interna, na Matriz de Correlação Triangular e no peso relativo da CQ. Estas metas devem ser aferidas a cada estágio do desenvolvimento do produto.

Anexo 10 – Análise SWOT

A Análise SWOT é uma ferramenta de gestão orientada para avaliar os pontos fortes, os pontos fracos, as oportunidades e as ameaças da organização e do mercado onde ela está atuando. O termo SWOT é um acrônimo das palavras Strengths (forças), Weaknesses (fraquezas), Opportunities (oportunidades) e Threats (ameaças).

A análise considera o ambiente externo à organização (oportunidades e ameaças) e o ambiente interno à organização (pontos fortes e pontos fracos).

O ambiente externo está totalmente fora do controle da organização, mas permite um monitoramento através de uma série de fatores que afetam o desempenho da organização, se traduzindo em oportunidades ou ameaças. Esses fatores são relacionados ao macroambiente (questões demográficas, econômicas, tecnológicas, políticas, legais etc.) e ao microambiente (beneficiários, famílias, as organizações congêneres, os principais parceiros, os potenciais parceiros etc). O ambiente interno pode ser controlado pelos dirigentes da organização, já que ele é o resultado de estratégias de atuação definidas por nós mesmos. Desta forma, quando se percebe um ponto forte na análise, deve-se ressaltá-lo ainda mais; quando percebe-se um ponto fraco, deve-se agir para controlá-lo ou, pelo menos, minimizar seu efeito. O Quadro 5-4 mostra um exemplo de controle através da análise SWOT.

Quadro 5-4 – Análise SWOT

(fonte: adaptado de Barney e McCarty, 2003)

	Grande Força	Força	Característica Neutra	Fraqueza	Grande Fraqueza
capacidade de atendimento	=====	=====	=====	=====	=====
demandas pelos serviços prestados	=====	=====	=====	=====	=====
satisfação do público-alvo	=====	=====	=====	=====	=====
crescimento do nº contribuintes	=====	=====	=====	=====	=====
renovações das contribuições	=====	=====	=====	=====	=====
dedicação dos funcionários	=====	=====	=====	=====	=====
capacidade de gestão das lideranças	=====	=====	=====	=====	=====
flexibilidade da organização	=====	=====	=====	=====	=====

Anexo 11 – Análise Custo-Benefício

A decisão acerca da viabilidade de um projeto se dá em função do resultado que ele trará para a organização, tanto sob o ponto de vista financeiro, quanto do ponto de vista de novos negócios ou de outra dimensão mais compatível com o projeto, afirma Woiler e Mathias (1996).

No caso do Seis Sigma, os projetos são direcionados a processos que permitem às organizações aumentarem seus lucros através da otimização no uso dos recursos, melhoria da qualidade, eliminação de defeitos etc. Por esta razão, é necessário demonstrar o potencial de ganho e, posteriormente, acompanhar o retorno sobre os investimentos (*return over investment* - ROI) gerados.

Rotondaro (2002) descreve que os retornos proporcionados pelos projetos Seis Sigma normalmente estão relacionados com os ganhos tangíveis (lucro financeiro, redução de custos e despesas, aumento da produtividade dos recursos, maior eficácia das ações e maior eficiência dos recursos) e intangíveis (melhoria da satisfação junto aos clientes, melhoria da imagem da organização, melhoria no ambiente de trabalho etc) proporcionados.

Já os investimentos realizados, chamados por Woiler e Mathias (1996) de custos da qualidade, são compostos pelos custos de:

- prevenção: são gastos com atividades para assegurar que produtos, componentes ou serviços insatisfatórios ou defeituosos não sejam produzidos. Eles ocorrem antes que os produtos ou serviços sejam fornecidos. Nesta categoria estão os gastos com: treinamento, tecnologia, engenharia da qualidade, círculos da qualidade, manutenção preventiva, suporte técnico à vendas entre outros;
- avaliação: são gastos para identificação de unidades defeituosas antes da remessa para o cliente e ocorrem normalmente após a finalização do processo produtivo. São gastos com avaliação: equipamentos de teste, avaliação de protótipos, inspeção de materiais

comprados, auditorias, auto-inspeção interna, auditoria de estoque, inventário de estoque, depreciação dos equipamentos;

- falhas: são custos incorridos na correção da qualidade dos produtos, componentes e serviços, agrupados em duas categorias: internos e externos;
- falhas internas: são custos incorridos pela troca, substituição ou correção dos itens defeituosos antes que eles sejam entregues ao cliente: retrabalho, redesenho, refugo, sucata, tempo perdido com deficiência de projeto ou de materiais com defeito, manutenção corretiva, horas para recuperar atrasos, tempo de análise das causas das falhas e custo de estoque adicional para suprir falhas.
- falhas externas: são custos incorridos pela troca, substituição ou correção dos itens defeituosos depois que eles foram entregues ao cliente. São itens de custos de falhas externas: administração, busca do material, refaturamento, pagamento de impostos, garantias, multas contratuais, imagem da empresa, vendas perdidas, *ombusman*, p-parte da assistência técnica.

Em todos os projetos, os investimentos realizados na forma de desembolso financeiro, de esforço ou outro tipo de recurso, bem como o retorno gerado se comportam na forma do gráfico representado na Figura 5-10.

Figura 5-10 Retorno dos investimentos

(autor: Woiler e Mathias – 1996)

O gráfico indica:

- todo projeto só gera algum tipo de benefício depois de algum tempo após a sua implantação, o que indica que existe um tempo natural para que a organização assimile a nova situação;
- é esperado que os custos da qualidade adotem um comportamento decrescente com a adoção de melhorias;
- o resultado esperado é que em algum momento, o retorno comece a ser positivo (ponto 1 – *breakeven point*) e que mais algum tempo depois, o próprio retorno pague o projeto de investimento (ponto 2);
- o projeto somente será aprovado se for demonstrada a possibilidade de um retorno positivo;
- entre dois ou mais projetos, a escolha recairá sobre aquele que gerar um resultado maior ou, então, mais cedo.

Anexo 12 – FMEA

Segundo Rotondaro (2002b), o *Failure Mode and Effect Analysis* – FMEA é um método para análise de falhas de produtos e de processos, que contém elementos para fazer a:

- identificação todos os seus possíveis tipos (modos) de falha potencial
- determinação do efeito de cada uma delas sobre o desempenho do produto ou do processo
- priorização dos modos de falha em função de seus efeitos, de sua frequência de ocorrência e da capacidade de os controles existentes evitarem que a falha chegue ao cliente
- identificação das ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer.

É uma importante ferramenta durante a fase de análise dos projetos de melhoria Seis Sigma, na qual se busca identificar as variáveis (entradas) que mais afetam as saídas do processo. Ele foi utilizado pela primeira vez na década de 60 pela indústria aeroespacial no projeto Apollo. Em 1974, a Navy implantou a norma “FMEA procedures Mil-Std-1629” e tem os seguintes objetivos:

- FMEA de Produto: busca identificar as falhas potenciais que o produto pode apresentar em atender às necessidades do cliente exclusivamente por características de projeto do mesmo.
- FMEA de Processo: considera apenas as falhas potenciais causadas pela produção do bem ou do serviços. Assume que o produto, tal como foi concebido (projetado), é capaz de atender ao cliente.

A Figura 5-11 resume o formulário de registro para a identificação das falhas e sua ponderação.

Função do Processo	Modo de falha potencial	Efeito(s) potencial (is) da falha	Índice de severidade	Causa(s) e mecanismo (s) potencial (is)	Índice de ocorrência	Controles atuais do processo	Índice de detecção	NPR	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Ações tomadas	Resultado das ações			
												Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR

Figura 5-11 Formulário de registro do FMEA

(Autor: Rotondaro 2002b)

O significado das colunas deste formulário é o seguinte:

- função do processo – etapa do processo ou descrição sucinta da operação;
- modo de falha potencial: descrição da não-conformidade como percebido pelo cliente, isto é, uma situação concreta, observável e possível de ocorrer;
- efeito(s) potencial (is) da falha: é a consequência da falha para o cliente;
- índice de severidade: avaliação da gravidade do efeito do modo de falha para o cliente, numa escala que varia de 1 (falha imperceptível) a 10 (falha que compromete o funcionamento do produto);
- causas potenciais da falha: identificação da causa fundamental da falha, considerando que:
- uma única causa poder ser a origem de diferentes tipos de falha,
- um único problema pode ser gerado por diferentes causas,
- as relações de causa e efeito podem ser complexas;
- índice de ocorrência: é a probabilidade de uma causa de falha vir a ocorrer e, ocorrendo, a probabilidade que ela gere a falha em si, numa escala que varia entre 1 (baixa probabilidade) e 10 (alta probabilidade).
- controles atuais do processo: são as descrições dos controles que devem ser capazes de detectar o modo de falha, a presença da causa da falha ou prevenir a ocorrência do tipo de falha;

- índice de detecção: indica a probabilidade de os controles conseguirem segurar as falhas antes que cheguem ao cliente, variando entre 1 (alta probabilidade de detecção) e 10 (baixa probabilidade de detecção)
- número de prioridade de risco (NPR): composição dos três índices (severidade, ocorrência e detecção), variando entre 1 e 1000:

$$\text{NPR} = (\text{Severidade}) * (\text{Ocorrência}) * (\text{Detecção})$$

SFMEA

Na prestação de serviços, existem diversos momentos em que a qualidade percebida pelo cliente se manifesta de forma bastante explícita, visto que muitas vezes a presença do cliente é um item fundamental no processo de desenvolvimento; Normann (1993) *apud* Rotondaro (2002b), classificou estes momentos de “momentos da verdade”.

O autor observa também que as ações corretivas só podem ser aplicadas após a ocorrência de um erro e inspeções prévias não podem ser efetuadas, pois o trabalho está sendo feito conjuntamente. Nestes casos, os prestadores de serviço devem se valer de ferramentas de prevenção de erros que foquem os pontos críticos onde podem ocorrer falhas no processo e fazer, previamente, as mudanças necessárias, a fim de eliminar as possíveis causas de erros. O *Service Failure Mode and Effect Analysis* (SFMEA) é uma derivação do FMEA tradicional que incorpora a consideração dos “momentos da verdade”. Para cada um deles, são feitas as verificações: falhas que podem ocorrer durante o trabalho junto ao cliente, suas causas, consequências e quais controles de suporte existentes para estes momentos. Além disso, Zemke (2000) coloca que deve ser previsto um meio de recuperação da satisfação do cliente e, para tanto, enumera cinco elementos para uma recuperação eficaz:

- desculpas (o prestador de serviço reconhece o erro e assume a responsabilidade pela correção),
- reparação (o cliente percebe o interesse concreto do prestador de serviço),

- empatia (o cliente percebe que o prestador de serviço compartilha do sentimento de insatisfação)
- compensação (o cliente recebe uma compensação em virtude da falha ocorrida),
- confirmação da eficácia (o prestador de serviço inquire o cliente sobre a correção do problema e a sua satisfação).

Anexo 13 – Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto, conforme Nakajima (1989), é um histograma, que contém uma sequência de barras verticais paralelas. Cada barra representa uma das variáveis do problema estudado e a altura dela indica a influência relativa (percentual) da variável em relação ao efeito analisado. As barras mais altas são as mais significativas e as menores representam as causas menos significativas. No diagrama, as variáveis mais significativas são as primeiras a serem mostradas o que permite traçar uma linha com o percentual acumulado.

Anexo 14 – Diagrama de Causa-Efeito

Segundo Nakajima (1989), o diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama espinha de peixe (pela sua forma) ou diagrama de Ishikawa (nome de seu idealizador), tem por finalidade organizar o raciocínio e a discussão sobre as causas de um problema.

Os problemas são formulados através de perguntas "Por que?" Para identificar as causas, são feitos levantamentos, estudos e entrevistas e as causas podem ser agrupadas de acordo com a sua importância e hierarquia (causas principais e secundárias) e além disso como influenciam o resultado: positiva ou negativamente.

Boa parte das causas principais são associadas com o que ficou conhecido com os Ms, isto é, mão-de-obra (*man power*), material (*material*), método (*method*), máquina (*machine*) e mercado (*market*). A esta lista, outros autores acrescentam o gerenciamento (*management*), o meio-ambiente (*environment*), os meios de comunicação (*communication way*) e outros de menor expressão. Cada causa é detalhada em um conjunto de outras causas, e assim sucessivamente, até a granularidade que consiga melhor identificar as causas. As respostas são classificadas e distribuídas nos ramos da espinha.