

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE GESTÃO

VIRGÍLIO CAVALCANTI RIOS

**PROPOSTA DE *ROAD MAP* DO MÉTODO SEIS SIGMA INTEGRADO
À GESTÃO DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE –
UMA APLICAÇÃO NA ÁREA DE E&P DA PETROBRAS**

Niterói
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

VIRGÍLIO CAVALCANTI RIOS

**PROPOSTA DE *ROAD MAP* DO MÉTODO SEIS SIGMA INTEGRADO
À GESTÃO DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE –
UMA APLICAÇÃO NA ÁREA DE E&P DA PETROBRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Gestão de Segurança.

Orientador: Prof. Gilson Brito Alves Lima, D. Sc.

Co-orientador: Prof. Annibal Parracho, Ph. D.

NITERÓI

2008

VIRGÍLIO CAVALCANTI RIOS

**PROPOSTA DE *ROAD MAP* DO MÉTODO SEIS SIGMA INTEGRADO
À GESTÃO DE SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE –
UMA APLICAÇÃO NA ÁREA DE E&P DA PETROBRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Gestão de Segurança.

Aprovado em de de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gilson Brito Alves Lima, D.Sc. - **Orientador**

Universidade Federal Fluminense

Prof. Annibal Parracho, Ph. D. – **Co-orientador**

Universidade Federal Fluminense

Prof., D.Sc.

Universidade Federal Fluminense

Niterói

2008

Dedico este trabalho ao meu pai, o sociólogo Gilvando Sá Leitão Rios. Minha gratidão por mostrar-me o mundo, pelo exemplo de honestidade intelectual, abertura para o debate e amor aos livros.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelbe e Gilvando, pelo que sou e pela dedicação e carinho de toda uma vida.

À minha esposa Nalvinha e meu enteado Eduardo, meu amor sempre renovado pelo companheirismo e amizade neste caminho que percorremos juntos.

À empresa Petróleo Brasileiro SA, pelo reconhecido investimento na capacitação profissional de seu corpo técnico e, em especial, aos gerentes Francisco Nepomuceno, José Carlos Laurindo de Farias, Marco Aurélio Lemos Latgé e aos meus coordenadores de segurança Ivan César Lobo Rezende e Nilson José Reis Capela (atual).

Ao professor Gilson Brito Alves de Lima, orientador desta dissertação que, através de sua experiência e indicações, sinalizou e partilhou a caminhada que nos levou à conclusão deste trabalho, dando-lhe clareza e rigor.

Ao professor Anníbal Parracho, co-orientador desta dissertação, meu agradecimento pela revisão e orientação das técnicas estatísticas empregadas, parte fundamental deste trabalho.

Ao engenheiros Sérgio Costa Dacorso e Fernando David Ferreira Franco da Silva, pela troca de idéias, incentivo e orientações fundamentais a este trabalho.

Ao Grupo dos Doze, amigos inseparáveis e sempre presentes em todas as histórias da nossa família.

“De que adianta correr quando estamos na estrada errada?” (Provérbio alemão)

“Nossas verdades sobre a natureza permanecem verdadeiras até que alguém demonstre que elas são aproximações incompletas. No mínimo, essa perspectiva deveria nos ensinar a defender nossas verdades temporárias com a humildade de quem aprende com o passado”. (Marcelo Gleiser)

RESUMO

O objetivo desta dissertação foi integrar o método Seis Sigma ao método de gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde. O estudo realizado é uma contribuição ao desafio contido no Plano Estratégico Petrobras 2020, em seu Plano de Negócios 2008/2012 para a Área de E&P, que tem como um de seus Objetivos Estratégicos “atingir padrões de excelência em SMS”. O Seis Sigma pode ajudar a traduzir a expressão “padrões de excelência” em resultados quantitativos: taxas de acidentes iguais ou muito próximas de zero. A integração do método Seis Sigma com o método de gestão de SMS foi realizada através da análise da Trilogia de Juran aplicada ao Seis Sigma (ciclos DMADV, SDCA, DMAIC) assim como dos elementos “fim” dos sistemas de gestão de SMS constantes das normas OHSAS 18001, NBR ISO 14001, do PSM da OSHA e da API 750 (ciclo PDCA de Mudanças). O produto desta integração é um *road map* (mapa de percurso) dos processos de desenvolvimento, controle, melhoria e mudanças (para processos, produtos e serviços) aplicados à gestão de SMS. Os processos citados foram detalhados em suas etapas e sub-etapas acompanhados das ferramentas aplicáveis Seis Sigma e de SMS. Por fim, foi realizada uma aplicação de ferramentas Seis Sigma em dados de acidentes de uma Unidade de Negócio do E&P da Petrobras, contextualizada nos processos de controle (SDCA) e melhoria (DMAIC).

Palavras-chave: Seis Sigma, Método. Segurança, Meio Ambiente e Saúde. Elementos do Sistema de Gestão de SMS.

ABSTRACT

The objective of this dissertation was to integrate the Six Sigma and the management of Safety, Environment and Health methods. This study is a contribution to the challenge contained in the Petrobras' Strategical Plan 2020, in its Business Plan 2008/2012 for the E&P, which one of its strategical objectives is "to reach standards of excellency in HSE". Six Sigma can help to translate the expression "standards of excellency" in quantitative results: virtually zero accident rates. The integration of the Six Sigma method with the HSE method was carried through the analysis of the Juran Trilogy applied in Six Sigma (DMADV, SDCA and DMAIC cycles) as well as the main elements of the HSE management systems contained in the OHSAS 18001, NBR ISO 14001, OSHA's PSM and API 750 standards. The product of this integration is a road map of the processes of planning, controlling, improving and management of change (for processes, products and services) applied to the HSE management. The cited processes had been detailed in its stages and sub-stages with applicable Six Sigma and HSE tools. Finally, it was made a Six Sigma tools application on accidents data of a Petrobras' E&P business unit, with focus on the processes of control (SDCA) and improvement (DMAIC).

Key-words: Six Sigma. Method. Safety. Environment and Health. elements of the HSE management system.

LISTA DE SIGLAS

5W1H	<i>What, Why, Who, When, Where – How</i>
5W2H	<i>What, Why, Who, When, Where – How, How Much</i>
ANOVA	<i>Analysis Of Variance</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
APN	Análise Preliminar de Tarefas
APP	Análise Preliminar de Perigos
APR	Análise Preliminar de Riscos
BS	<i>British Standard</i>
CAT	Comunicação de Acidente do Trabalho
CEP	Controle Estatístico de Processo
CTQ	<i>Critical To Quality</i>
DDSMS	Diálogo Diário de Segurança, Meio Ambiente e Saúde
DFSS	<i>Design For Six Sigma</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
DOE	<i>Design Of Experiments</i>
DPMO	Defeitos Por Milhão de Oportunidades
E&P	Exploração e Produção
ECT	Etiqueta, Cadeado e Teste
EERA	Estudo de Escape, Resgate e Abandono
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EOR	Estrutura Organizacional de Resposta
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ET	Especificação Técnica
FAM	Formulário de Análise de Mudança
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>

GIM	Guia de Identificação de Mudança
GQT	Gerenciamento pela Qualidade Total
HAZOP	<i>Hazard and Operability Analysis</i>
HHER	Horas-Homem de Exposição ao Risco
IC	Intervalo de Confiança
ICS	<i>Incident Command System</i>
ISEA	Interação entre Sistemas Elétricos e de Automação (avaliação dos riscos na)
ISO	<i>International Standard Organization</i>
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
NBR	Normas Brasileiras
NP	Norma Portuguesa
NR	Norma Regulamentadora
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PAG-SMS	Processo de Avaliação de Gestão de SMS
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PDSA	<i>Plan, Do, Study, Act</i>
PE	Padrão de Execução
PEGASO	Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional
PG	Padrão Gerencial
PHA	<i>Process Hazard Analysis</i>
PP	Padrão de Processo
PPM	Partes Por Milhão
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PSM	<i>Process Safety Management</i>
PSP	Problema Simples Priorizado
PT	Permissão para Trabalho
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RAC	Reunião de Análise Crítica

SDCA	<i>Sustain, Do, Check, Act</i>
SESMT	Serviço Especializado
SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i>
SISIN	Sistema Integrado de Segurança Industrial
SMED	<i>Single Minute Exchange Die</i>
SMS	Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SSO	Segurança e Saúde Ocupacional
TART	Taxa de Acidentes Típicos Registráveis
TFCA	Taxa de Frequência de Acidentes com Afastamento
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
VCP	Verificação da Conformidade do Procedimento
VOC	<i>Voice Of Customer</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do delineamento da pesquisa.....	33
Figura 2: A estatística Seis Sigma.....	36
Figura 3: A estatística Seis Sigma.....	37
Figura 4: Índice de Capacidade, $C_p = 1$	38
Figura 5: Índice de Capacidade, $C_p = 1,33$	39
Figura 6: Índice de Capacidade, $C_p = 2$	39
Figura 7: Os três passos do Controle da Qualidade por Shewhart.....	43
Figura 8: O ciclo PDSA.....	44
Figura 9: A Trilogia de Juran.....	45
Figura 10: Itens de controle e itens de verificação.....	46
Figura 11: Planejamento Estratégico.....	49
Figura 12: Causas especiais (assinaláveis) e causas comuns (aleatórias).....	53
Figura 13: Comparação entre os processos de melhoria e controle.....	54
Figura 14: Elementos do sistema de gestão de SSO da OHSAS 18001.....	56
Figura 15: O <i>road map</i> do método Seis Sigma integrado ao método de gestão de SMS.....	77
Figura 16: Etapa <i>Define</i> do DMADV.....	79
Figura 17: Etapa <i>Verify</i> do DMAIC.....	82
Figura 18: O ciclo SDCA de manutenção das metas.....	85
Figura 19: Etapa de Processo Seguro (<i>Sustain</i>) do SDCA.....	88
Figura 20: O PDCA de Mudanças.....	91
Figura 21: Etapa de Verificação (<i>Check</i>) do SDCA.....	96
Figura 22: Etapa de Ação Corretiva (<i>Act</i>) do SDCA.....	97
Figura 23: Ciclo do CEP para processo fora de controle.....	98
Figura 24: Carta U de teste para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Fev2008.....	108
Figura 25: Carta U revisada para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Dez2007.....	109
Figura 26: Teste de Normalidade da TART – Jan2006 a Dez2007.....	110
Figura 27: Teste de Hipóteses: comparação das TART de 2006 e 2007 – dados revisados..	117
Figura 28: Boxplot da TART com dados revisados de 2006 e 2007.....	119
Figura 29: Carta U_p (U ponderada) para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Dez2007.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapa <i>Define</i> do DMADV	80
Tabela 2: Etapa <i>Define</i> do DMAIC	83
Tabela 3: Etapa de Processo Seguro (<i>Sustain</i>) do SDCA.....	89
Tabela 4: Etapa de Planejamento (<i>Plan</i>) do PDCA de Mudanças	92
Tabela 5: Etapa de Verificação (<i>Check</i>) do SDCA – detalhe da sub-etapa 1.....	96
Tabela 6: Etapa de Ação Corretiva (<i>Act</i>) do SDCA – detalhe da sub-etapa 2	98
Tabela 7: Dados para a Carta U de teste da Unidade 1 do E&P.....	107
Tabela 8: Dados de acidentes graves ponderados da Unidade 1 - 2006 e 2007	121
Tabela 9: Dados para a Carta Up (U ponderada) da Unidade 1 do E&P	122

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - O PROBLEMA	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1.1 A primeira revolução industrial e o advento da produção em massa	17
1.1.1.1 O modo de produção e seu sistema de gestão	18
1.1.1.2 O sistema de gestão da qualidade	19
1.1.1.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente	19
1.1.2 A segunda revolução industrial: fordismo e toyotismo	20
1.1.2.1 O modo de produção e seu sistema de gestão	20
1.1.2.2 O sistema de gestão da qualidade	21
1.1.2.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente	22
1.1.3 A terceira revolução industrial: microeletrônica, automação e produção enxuta ..	23
1.1.3.1 O modo de produção e seu sistema de gestão	23
1.1.3.2 O sistema de gestão da qualidade	24
1.1.3.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente	25
1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA VINCULADA À PESQUISA	26
1.3 O PROBLEMA E OS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	28
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA	29
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	31
1.6 METODOLOGIA CIENTÍFICA DA PESQUISA.....	32
1.6.1 Tipo de pesquisa	32
1.6.2 Delineamento da pesquisa	33
1.6.3 Instrumento de pesquisa	34
1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	34
2 REFERENCIAL TEÓRICO DA PESQUISA	35
2.1 O MÉTODO SEIS SIGMA	35
2.2.1 Visão geral do Seis Sigma	35
2.2.2 O método científico e o PDCA	41
2.2.3 A Trilogia de Juran e o Seis Sigma	45
2.2.3.1 O Processo de Planejamento	47
2.2.3.2 O Processo de Controle	50
2.2.3.3 O Processo de Melhoria.....	51

2.3 OS ELEMENTOS DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE	54
2.3.1 O método PDCA e os sistemas de gestão de segurança, saúde e meio ambiente	55
2.3.1.1 Identificação de perigos (informação de segurança do processo)	58
2.3.1.2 Avaliação e controle de riscos	60
2.3.1.3 Gestão de mudanças	62
2.3.1.4 Revisões de segurança de pré-partida (Pre-startups safety reviews).....	64
2.3.1.5 Integridade dos equipamentos	65
2.3.1.6 Preparação e atendimento a emergências	66
2.3.1.7 Práticas seguras de trabalho.....	68
2.3.1.8 Classificação e investigação de acidentes, incidentes, não conformidades e ações corretivas e preventivas	69
2.3.1.9 Auditoria.....	70
2.3.1.10 Demais elementos.....	72
2.4 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 2	73
3. PROPOSTA DE ROAD MAP DO MÉTODO SEIS SIGMA INTEGRADO À GESTÃO DA SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE	75
3.1 O ROAD MAP	75
3.2 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO: DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS (PLANEJAMENTO TÁTICO) (DMADV)	78
3.2.1 A etapa “Define”	79
3.3 O PROCESSO DE MELHORIA DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (DMAIC)	80
3.3.1 A etapa “Define”	82
3.4 O PROCESSO DE CONTROLE DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (SDCA)	84
3.4.1 A etapa de Processo Seguro (Sustain)	88
3.5 O PROCESSO DE GESTÃO DE MUDANÇAS EM PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (PDCA DE MUDANÇAS)	90
3.5.1 A etapa de Planejamento (Plan)	92
3.6 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 3	93
4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO ROAD MAP PROPOSTO NA GESTÃO DE SMS94	

4.1 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO <i>ROAD MAP</i> NO PROCESSO DE CONTROLE (SDCA).....	95
4.2.1 Composição e cálculo da Taxa de Acidentes e Doenças Registráveis Típicos (TART)	99
4.2.2 O processo de geração de acidentes e doenças.....	100
4.2.3 Causas Especiais e Comuns	101
4.2.4 A Carta U: carta de controle para contagem de eventos (não conformidades) em áreas desiguais de probabilidade de ocorrência	104
4.2.4.1 Levantamento dos dados para plotagem da Carta U de teste	107
4.2.4.2 A Carta U revisada	108
4.2.5 Teste de Normalidade dos dados da taxa TART	109
4.2.6 Intervalos de Confiança: comparação das taxas médias de 2006 e 2007.....	110
4.2.7 Teste de Hipóteses: comparação das taxas médias de 2006 e 2007	113
4.2.7.1 Teste de hipóteses através do Intervalo de Confiança para a diferença entre as taxas dos processos 1 e 2 ($\mu_1 - \mu_2$), a partir da diferença entre as taxas das amostras 1 (ano 2006) e 2 (ano 2007) revisadas ($\bar{u}_1 - \bar{u}_2$)	113
4.2.7.2 Teste de Hipóteses: comparação das taxas médias de 2006 e 2007	115
4.2.7.3 Teste de Hipóteses através do p-valor (ou probabilidade de significância)	118
4.2.7.4 Análise através dos gráficos Boxplot	119
4.2.8 A Carta U ponderada (Carta Up).....	119
4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO <i>ROAD MAP</i> NO PROCESSO DE MELHORIA (DMAIC)	123
4.4 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 4	124
5 CONCLUSÃO.....	127
5.1 DISCUSSÃO DA PESQUISA	127
5.2 DISCUSSÃO DE FUTURAS PESQUISAS	129
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICES	138
ANEXOS	176

CAPÍTULO 1 - O PROBLEMA

1.1 INTRODUÇÃO

As organizações utilizam diversos métodos de gestão em áreas como produção, qualidade, segurança, saúde e meio ambiente. Chanlat (2000) apresenta duas constatações sobre a relação entre métodos de gestão em geral e métodos de gestão em matéria de segurança e saúde. A primeira constatação é que não há diferença entre o método de gestão geral adotado pelas empresas e o seu método de gestão da segurança e saúde. A segunda constatação indica que o método de gestão geral da empresa é fator determinante na área de segurança e saúde.

Na área de segurança do trabalho, o estudo dos acidentes menores (acidentes individuais) indica como fator determinante para a sua redução a existência de uma estratégia de prevenção. Já no estudo de acidentes maiores ou acidentes industriais ampliados (Bhopal, Three-Mile Island, Tchernobyl, Challenger), verifica-se que por trás das deficiências técnicas encontram-se problemas de natureza organizacional. No tocante à saúde mental e física, o método de gestão adotado na empresa influi na ocorrência de estresse profissional, psicopatologias do trabalho e problemas relacionados à ergonomia.

As interações entre os modos de produção surgidos de configurações econômicas, sociais e tecno-científicas (as revoluções industriais), seus métodos de gestão, sua gestão da qualidade e a sua gestão de segurança, saúde e o meio ambiente devem ser discutidas como um processo histórico para seu melhor entendimento.

1.1.1 A primeira revolução industrial e o advento da produção em massa

Neste item são discutidos os sistemas de gestão de produção, qualidade e segurança, meio ambiente e saúde no quadro da primeira revolução industrial.

1.1.1.1 O modo de produção e seu sistema de gestão

O período da história que interessa à contextualização do tema inicia-se com a revolução industrial. Segundo Hobsbawn (2006), há uma transformação do mundo entre 1780 e 1848 devido ao advento da “dupla revolução”: a revolução francesa, de cunho político, e a revolução industrial inglesa – a primeira revolução industrial. Neste período, surge a invenção ou nova significação de palavras tais como indústria, fábrica, classe trabalhadora, capitalismo, socialismo, cientista, engenheiro e estatística.

Antes da revolução industrial, o artesanato é a forma de produção característica. O artesão com sua família e seus ajudantes pertencem a uma corporação e trabalham em casa (HUBERMAN, 1978). O artesão é muitas vezes o proprietário de suas ferramentas de trabalho. Ele realiza, individualmente ou em grupo, todas as etapas da produção, desde o preparo da matéria-prima até o acabamento final. (HISTORIANET, 2007)

A revolução industrial é marcada pela invenção de máquinas como a lançadeira móvel, a produção de ferro com carvão de coque, a máquina a vapor, a fiandeira mecânica e o tear mecânico. Com o aumento da produção, as indústrias voltam-se para o mercado mundial com uso intensivo das novas máquinas. Nesta época, florescem as invenções práticas, a ciência aplicada e inventores tais como Edson, Faraday, Lorde Kelvin (REVOLUÇÃO INDUSTRIAL, 2007).

Segundo Hobsbawn (2006, p. 64) “a quantidade de algodão em bruto importada pela Grã-Bretanha subiu de 11 milhões de libras-peso em 1785 para 588 milhões em 1850; a produção de tecidos, de 40 milhões para 2,025 bilhões de jardas”. Já a produção de ferro e carvão é multiplicada por dez (HUBERMAN, 1978).

Esta mudança repentina no quadro tecnológico implica também em um novo processo de gestão que consiste em aproveitar ao máximo as novas e dispendiosas máquinas. Na Inglaterra, o turno de trabalho se estende até 16 horas por dia sob uma disciplina e ritmo ditados por capatazes. Para os capitalistas desta época, as máquinas representam um investimento e são sua principal preocupação (HUBERMAN, 1978). Já os trabalhadores não são objeto de nenhum investimento: recebem salários abomináveis e em sua grande maioria são mulheres e crianças (HOBSBAWN, 2006). Além dos baixos salários, não há nenhuma política de treinamento, alimentação, transporte, saúde, segurança, férias ou encargos sociais.

1.1.1.2 O sistema de gestão da qualidade

Com a produção em massa e com a introdução do conceito de partes intercambiáveis surge a necessidade do controle da dimensão das peças fabricadas. O objetivo é produzir peças com dimensões “exatas”. Como isso não é possível, aproximadamente em 1848, há a introdução do conceito de limite de tolerância de “passa” com gabaritos de inspeção para medidas mínimas ou máximas (SHEWHART, 1986). Shewhart cita que as peças passam a ter seja um limite inferior ou um limite superior de especificação. Por exemplo: o diâmetro de um eixo é inspecionado com um gabarito em forma de anel (medida máxima – limite superior de especificação). O diâmetro do mancal, aonde vai se alojar o eixo é inspecionado com um gabarito em forma de tampão ou *plug* (medida mínima – limite inferior de especificação). Neste caso, a diferença entre as dimensões dos dois gabaritos “passa” dá a tolerância máxima entre o eixo e o mancal. O método do gabarito de “passa” não resolve o problema da tolerância mínima entre as peças fabricadas podendo gerar folga excessiva entre o eixo e o mancal. A rejeição decorrente afeta a intercambialidade entre peças. Para resolver este problema, os fabricantes tentam se ater às medidas “exatas” dos gabaritos de “passa”. Como não é possível obter tais medidas, a necessidade faz surgir em 1870 o conceito de limite de tolerância “passa-não passa”. As peças passam a ter um limite inferior e superior de especificação. Esta medida leva à redução de custos. Porém, mesmo após a introdução dos limites de especificação através dos gabaritos de “passa-não passa”, ainda resta o problema do percentual de peças rejeitadas na fabricação. Neste ponto, surge a questão do custo do controle da qualidade. Uma inspeção 100% com seus custos embutidos compensa a redução da rejeição de peças defeituosas no final de linha?

1.1.1.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente

Na época da primeira revolução industrial, o método de gestão da segurança, saúde e meio ambiente ainda é incipiente ou inexistente. Não há uma legislação trabalhista. As condições de trabalho são insalubres, há o já mencionado trabalho infantil e a maioria vive em cortiços (RECCO, 2002). De acordo com Hobsbawn (2006, p.82), há uma “atmosfera envolta em neblina e saturada de fumaça, na qual as pálidas massas operárias se movimentavam”. E,

segundo Huberman (1978) a ocorrência de acidentes é freqüente. O desemprego leva a outros problemas como a fome e o alcoolismo (HISTORIANET, 2007). Acidentes maiores também acontecem. Máquinas a vapor explodem e, só no ano de 1836 nos EUA, há 14 explosões e 496 óbitos (ESTEVEES, 2004).

1.1.2 A segunda revolução industrial: fordismo e toyotismo

Neste item são discutidos os sistemas de gestão de produção, qualidade e segurança, meio ambiente e saúde no quadro da segunda revolução industrial.

1.1.2.1 O modo de produção e seu sistema de gestão

O período da segunda revolução industrial se estende entre a primeira guerra mundial e o final da década de 70 do século passado. A segunda revolução industrial é caracterizada pelo método de administração científica do trabalho criado pelo engenheiro Frederick W. Taylor. Henry Ford, por sua vez, utiliza como empresário os métodos de racionalização da produção de Taylor. Na fábrica, são identificados espaços livres para a racionalização. A racionalização do trabalho tem como alvo evitar perdas de tempo e leva ao aumento da utilização dos ativos e da produção – *time is money* (KURZ, 2004). Segundo Ohno (1997), Ford utiliza de forma pioneira as correias transportadoras nas linhas de montagem de seus automóveis. Desde a matéria prima até o produto final, as peças que alimentam cada sub-processo são montadas e transportadas em uma velocidade regular convertendo-se em carros totalmente montados, um a um. A partir da correia transportadora, quem dita o ritmo da produção já não são mais os mestres e encarregados, mas a própria máquina (KURZ, 2004). Ford também desenvolve peças intercambiáveis de alta precisão eliminando a necessidade de ajuste. O fordismo leva a indústria a novos patamares de produtividade.

Até pouco antes da 1ª Guerra Mundial, uma fábrica de automóveis produzia entre 6 a 10 mil automóveis por ano. Isto era feito em grandes galpões de fábrica, mas de uma maneira artesanal e não racionalizada. Com os novos métodos de produção científica, Ford em 1914, produziu 248 mil automóveis. (KURZ, 2004)

Esta racionalização e o conseqüente aumento da produtividade / produção leva, como na primeira revolução industrial, ao barateamento dos produtos gerando demanda onde não há. O carro, tal qual os tecidos na primeira revolução industrial, se torna um artigo de consumo de massas. Neste quadro, não é a demanda de carros (ou, como anteriormente, a de tecidos) que cria a indústria. É a capacidade de fabricar carros baratos que fomenta o consumo das massas (HOBSBAWN, 2006).

A partir da década de 30 do século passado, no Japão, a Toyota Motors realiza, através do engenheiro Taiichi Ohno e do engenheiro Shigeo Shingo, melhorias no sistema fordista. Segundo Coriat (*apud* ANTUNES 1998, p. 23), são quatro as fases que levam ao advento do Toyotismo:

- 1 – Introdução na indústria automobilística japonesa da experiência do ramo têxtil, dada especialmente pela necessidade de o trabalhador operar simultaneamente com várias máquinas;
- 2 – A necessidade da empresa responder à crise financeira , aumentando a produção sem aumentar o número de trabalhadores;
- 3 – Importação de técnicas de gestão dos supermercados dos EUA, que deram origem ao Kanban;
- 4 – Expansão do método Kanban para as empresas subcontratadas e fornecedores.

Sem a riqueza e o mercado consumidor americanos e em uma economia de guerra, são criados métodos de produção como o *just-in-time*, o *kanban*, a *autonomação*, o controle visual da produção, a troca rápida de ferramentas (SMED) ou o *poka-yoke*. Estes métodos geram uma redução nos estoques e nos custos de produção e aumento da produtividade. A Toyota pode então realizar mudanças na sua linha de montagem mais facilmente e atender mais rapidamente aos seus pedidos. Com isso, consegue-se aumentar o número de modelos de carros fabricados e também personalizá-los de acordo com a vontade do cliente (processo produtivo flexível). É uma melhoria ao sistema excessivamente padronizado da Ford.

1.1.2.2 O sistema de gestão da qualidade

Para acompanhar a revolução dos métodos de produção, com produtos mais complexos, peças intercambiáveis (carros, telefones, máquinas) e produção em linhas de montagem, surge a necessidade de incrementar os métodos de melhoria e controle da qualidade. Shewhart (1986) desenvolve, por volta de 1924, na Bell Telephones, o conceito de Controle Estatístico de Processo (CEP) com as cartas de controle estatístico. Para Shewhart, o desafio é reduzir a rejeição e realizar testes economicamente com a matéria prima vinda de todas as partes do mundo e uma montagem de mais de 110.000 diferentes peças. Após 150 anos do início da primeira revolução industrial, há a necessidade do uso das técnicas estatísticas para responder ao rápido crescimento da padronização. Passa-se de um conceito de medidas e ciências exatas para o conceito de variação natural e ciência probabilística (SHEWHART, 2006).

No início da década de 1940, nos EUA, os métodos estatísticos ganham um impulso após uma série de cursos intensivos para engenheiros (DEMING, 1990). Segundo Deming (1990), após este surto inicial, os EUA abandonam o controle estatístico de processo e este é então abraçado pelos japoneses. Isto ocorre no início da década de 1950, com cursos e conferências ministrados por Deming à alta administração, engenheiros e supervisores. O método estatístico é adotado em larga escala, apoiado pela indústria japonesa e pela JUSE (União da Ciência e Engenharia Japonesa) (DEMING, 1990). A partir deste início, a indústria japonesa, juntamente com especialistas como Deming e Juran, desenvolve e aprimora um sistema de gestão da qualidade que dará nascimento ao que hoje chamamos de GQT (Gerenciamento pela Qualidade Total).

1.1.2.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente

A segunda revolução industrial vê nascer as primeiras legislações nacionais relativas à segurança, saúde e meio ambiente. Começa a estruturação dos departamentos de segurança e serviço médico (SESMT) assim como as carreiras de engenheiro e técnico de segurança e médico e enfermeiro do trabalho. Os trabalhadores conquistam direitos como férias, jornada de 8 horas, melhores salários e benefícios e inicia-se uma gestão científica para as variáveis de SMS (segurança, meio ambiente e saúde). Podemos citar, por exemplo, procedimentos e avaliações para as condições de trabalho (iluminação, ventilação, temperatura, agentes químicos, ergonomia, radiação, EPIs, EPCs). Verifica-se que há uma relação entre bem estar

dos trabalhadores e sua produtividade. Por outro lado, em função da nova legislação, segurança, saúde e meio ambiente são novas fontes de custo para as empresas.

Sob o sistema de gestão taylorista/fordista, de acordo com Chanlat (2000), na categoria dos acidentes menores, surgem novos tipos de problemas relacionados à saúde física (fadiga crônica, úlceras, doenças cardiovasculares, doenças musculares e ósseas, insônias) e de saúde mental (neuroses, depressão, fadiga nervosa). No Japão, o método de gestão da excelência proveniente do controle estatístico do processo e do Toyotismo gera o *karoshi* ou morte súbita no trabalho.

Os acidentes industriais ampliados têm uma verdadeira explosão nesta era em todo o mundo. Segundo Esteves (2004), no período entre 1945 e 1979, ocorrem 227 acidentes maiores com um total de 5594 mortes.

1.1.3 A terceira revolução industrial: microeletrônica, automação e produção enxuta

Neste item são discutidos os sistemas de gestão de produção, qualidade e segurança, meio ambiente e saúde no quadro da terceira revolução industrial.

1.1.3.1 O modo de produção e seu sistema de gestão

Segundo Kurz (2004), é a partir da década de 80 do século passado que se inicia a terceira revolução industrial. Esta é marcada pela evolução dos sistemas de gestão desenvolvidos na segunda revolução industrial juntamente com o advento do grande salto tecnológico da microeletrônica, da robótica, da automação e da informatização (ANTUNES, 1998). Galga-se um novo degrau na racionalização organizacional sob o lema da *lean production* (produção enxuta) (KURZ, 2004). Todo o processo é visto como um processo geral unitário e é realizada uma tarefa de eliminação de etapas. Kurz (2000) descreve que na construção (projeto) dos produtos já está incluído o planejamento e a sua distribuição. Este novo salto permite o advento daquilo que fica conhecido como globalização. As forças produtivas desenvolvidas pela terceira revolução industrial permitem buscar mercados e realizar transações comerciais em tempo real através dos satélites e redes como a internet e

intranet. A nova estrutura produtiva e comercial desenvolvida rompe a coerência dos mercados nacionais levando a novos patamares a interdependência de clientes e fornecedores localizados em diferentes partes do globo (KURZ, 2002).

No sistema produtivo da terceira revolução industrial, não é mais o mestre ou o encarregado, nem a linha de montagem, que ditam o ritmo do trabalho humano. Em uma típica fábrica automatizada e robotizada, a figura do trabalhador quase que desaparece, pois as máquinas realizam todo o trabalho de transformação desde o recebimento da matéria prima até a embalagem / despacho do produto final. É o início da era de desemprego estrutural, das grandes fusões e compras de empresas.

1.1.3.2 O sistema de gestão da qualidade

Para acompanhar esta nova evolução dos modos de produção, surge no ocidente no início dos anos 80 do século passado, as teorias do Gerenciamento pela Qualidade Total – GQT. É uma resposta à crise de competitividade da indústria ocidental (em especial da norte-americana) e aos altos níveis de produtividade e qualidade alcançados pela indústria concorrente japonesa. Em 1982, Deming lança seu livro *Out of crisis* (publicado no Brasil como “Qualidade: a revolução da administração”) para ensinar aos americanos as lições dadas aos japoneses desde 1950. Nele, Deming apresenta as “doenças mortais” que atingem a administração das empresas ocidentais e os “14 princípios de administração” como a cura e transformação da indústria norte-americana (DEMING, 1990). O que se segue é uma difusão global do método de gestão pela qualidade e das técnicas estatísticas já amplamente utilizadas pela indústria japonesa. O método de resolução de problemas oferecida pelas cartas de Controle Estatístico do Processo (CEP) de Shewhart e pelo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) formam a base desta nova fase da melhoria e controle da qualidade nas empresas. O PDCA, apresentado por Deming como Ciclo de Shewhart e conhecido no Japão como ciclo de Deming (DEMING, 1990), está também na base das normas ISO 9000 que serão adotadas, a partir da década de 90 do século passado, pelas empresas de todo o mundo para a certificação de seus sistemas da qualidade.

Segundo Aguiar (2002), é por volta de 1987 que uma empresa norte-americana, a Motorola, inicia e lança um novo método de resolução de problemas e gerenciamento pela qualidade: o Seis Sigma (*Six Sigma* em inglês). O Seis Sigma aproveita todas as ferramentas e

técnicas estatísticas desenvolvidas por Shewhart, Deming, Juran e a indústria japonesa estruturando-as em um mapa de percurso (*road map*). Este mapa de percurso é o DMAIC (do inglês *Define, Measure, Act, Improve e Control*). O DMAIC é um PDCA “recheado” com ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas estruturadas e encadeadas de maneira lógica. Este encadeamento permite uma utilização ótima das ferramentas e técnicas utilizadas, até então, de maneira desconectada e de modo empírico. O programa Seis Sigma é uma evolução do GQT. O sistema de gestão, ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas são utilizadas com uma visão muito forte e quantitativa de redução de custos. Os problemas são abordados na forma de projetos com times multidisciplinares fortemente treinados em ferramentas e técnicas estatísticas de acordo com sua aplicação e conhecimento. A ênfase de melhoria contínua deixa de pertencer ao departamento da qualidade para fazer parte de toda a organização. Remuneração e bônus fazem parte das recompensas para aqueles que têm resultados positivos em seus projetos. Enfim, como já estipulava Deming, o gerenciamento pela qualidade consegue alinhar na prática toda a organização com metas e prazos de resolução de problemas. Estes problemas não só estão ligados à qualidade dos produtos: são lançados projetos de melhoria para a produção, finanças, recursos humanos, marketing, vendas, segurança, saúde e meio ambiente.

1.1.3.3 O sistema de gestão de segurança, saúde e meio ambiente

A terceira revolução industrial traz mudanças também na área de SMS. Tal como ocorre na área da qualidade, a década de 90 do século passado vê surgir uma série de normas e regulamentações na área de SMS: a ISO 14001, a BS 8800 e OHSAS 18001 e o *Process Safety Management (PSM)* da OSHA. Tal qual as normas da qualidade, a base metodológica das normas de SMS é o PDCA. O sistema de gestão de SMS e o da qualidade são fundidos em QSMS.

Os desafios de SMS desta nova era se mostram vultosos. Segundo Esteves (2004), só entre os anos de 1980 e 1986 ocorrem 66 acidentes industriais ampliados causando 9382 óbitos em todo o mundo. Apenas nestes sete anos, ocorre um montante de mortes superior e equivalente a quase 168% daquele observado no período da segunda revolução industrial compreendido entre 1945 e 1979 (como já citado anteriormente, 5594 óbitos). Ainda segundo o autor citado acima, ocorrem entre o final da segunda revolução industrial (1974) até 2002

uma série de acidentes industriais ampliados de impacto mundial. Entre eles, podemos citar as conhecidas catástrofes de Flixborough, Seveso, Bhopal, Tchernobyl, Piper Alpha no mar do norte e Exxon Valdez no Alaska. No Brasil, ocorrem os acidentes de Vila Socó em Cubatão, P-36 na Bacia de Campos e acidentes ambientais ligados à Petrobras. Na área da saúde, os problemas mentais merecem uma atenção especial. Devido à sobrecarga individual do trabalho, o estresse afasta cada vez mais pessoas de suas atividades. Doenças mentais respondem por 9,8% do total de benefícios de auxílio-doença em 2004 e afastam 100 mil trabalhadores por ano no Brasil¹. A fragmentação da produção, a falta de sentido no trabalho, o aumento da concorrência e os novos ritmos de produção são variáveis significativas para entender os transtornos mentais do trabalho.

Segundo Chanlat (2000), o método de gestão da excelência (aquele ligado à experiência japonesa-GQT e Seis Sigma), ainda que apresente determinados aspectos muito positivos para as pessoas (valorização, reconhecimento, individualização do desempenho), pode vir a ser uma importante fonte de tensão. Tal método de gestão se insere em uma época de concorrência desenfreada, desemprego estrutural, declínio de mercados, mudanças constantes na estrutura organizacional (diminuição de níveis hierárquicos, fusões, compras) e na alta administração. No plano de SMS, este método de gestão pode incentivar um sentimento de invulnerabilidade, uma imagem de poder total (CHANLAT, 2000).

1.2 SITUAÇÃO PROBLEMA VINCULADA À PESQUISA

O Plano Estratégico Petrobras 2020 - Plano de Negócios 2008-2012 para a Área de E&P – estabelece que o E&P deve “atingir padrões de excelência em saúde, meio ambiente e segurança”. Em sua Política de SMS, a Petrobras estipula que a companhia deve “atuar na promoção da saúde, na proteção do ser humano e do meio ambiente mediante identificação, controle e monitoramento de riscos, adequando a segurança de processos às melhores práticas mundiais e mantendo-se preparada para emergências”. Por fim, um dos “Princípios de E&P” da Petrobras esclarece que “nós acreditamos que somos todos responsáveis pela segurança operacional, pela saúde das pessoas e pela preservação do meio ambiente”. Com vistas a este

¹ **TRANSTORNO mental afasta 100 mil por ano.** Folha de São Paulo, São Paulo, 11 fev. 2007. Empregos.

desafio, o que foi realizado e o que pode ser feito de novo para atingir “padrões de excelência em saúde, meio ambiente e segurança”?

O processo de melhoria na área de SMS na Petrobras e no E&P tem sido forte desde os anos 90 do século passado através da certificação de suas unidades operacionais na OHSAS 18001 e ISO 14001, e de projetos de melhoria de equipamentos (PEGASO) e do sistema de gestão e de seus padrões de projeto e operacionais (15 Diretrizes de SMS). A melhoria do sistema de gestão de SMS foi impulsionada pelo projeto de Implantação 15 Diretrizes de Segurança, Meio Ambiente e Saúde no E&P e em diversas áreas de negócio da companhia. No E&P, este projeto foi iniciado em 2002 e finalizado em março de 2006. O projeto teve como escopo a melhoria da cultura de SMS, dando ênfase na responsabilidade de cada profissional no tocante aos processos e resultados de SMS (responsabilidade de linha). Além disso, novos padrões e ferramentas de SMS foram incorporados tais como a Gestão de Mudanças e a Gestão de Riscos. Após o término do projeto de Implantação das 15 Diretrizes de SMS no E&P, iniciou-se, no final de 2006, um novo projeto de melhoria na gestão de SMS, atualmente em curso e com prazo de conclusão em 2015: a Perenização das 15 Diretrizes de SMS no E&P. Este novo projeto visa consolidar e ampliar e, em alguns casos, terminar de implantar, as melhorias iniciadas na Implantação das 15 Diretrizes de SMS.

No presente, as taxas de frequência de acidentes e doenças mostram-se assintóticas. O processo de melhoria em SMS requer mais sofisticação e atenção aos detalhes na obtenção de melhoria nos indicadores. Neste quadro, como traduzir a expressão “padrões de excelência em SMS” quantitativamente (taxas de frequência de acidentes e doenças próximas ou iguais a zero)? Uma resposta é a implementação do programa Seis Sigma. Todos os projetos citados e realizados nos últimos anos são “projetos de implantação”: a meta é, seja a implantação de modernos equipamentos, seja a implantação de novos procedimentos. Nestes casos, se a melhoria dos indicadores vem a reboque, sua quantificação de sua correlação não é direta e a meta do projeto é o fechamento das ações estipuladas através da Curva S. Nos projetos Seis Sigma, a equação se inverte. Os projetos Seis Sigma são orientados para resultados quantitativos focados na melhoria das metas. Antes da execução de ações de implantação de melhorias em equipamentos e de novos padrões e ferramentas de trabalho, é realizado o giro dos ciclos DMAIC ou DMADV com ênfase no planejamento e utilização de técnicas estatísticas. Aqui, começa-se pela definição das metas de melhoria, passa-se por uma fase de extenso planejamento (análise) para depois termos a implantação dos “meios” do alcance destas metas. O projeto só é considerado bem sucedido caso as metas sejam alcançadas, independentemente do esforço ou do número de ações implantadas. Neste contexto, os

projetos Seis Sigma apresentam-se como um “ajuste fino” aos projetos de implantação adotados até hoje na área de SMS da Petrobras. A melhoria dos indicadores ou a reversão à sua tendência assintótica se dá através da proliferação de diversos projetos focados em problemas operacionais concretos tais como trabalhos em altura, eletricidade, trabalho com ferramentas manuais, sistemas pressurizados, espaços confinados e movimentação de cargas, entre outros.

1.3 O PROBLEMA E OS OBJETIVOS DA PESQUISA

O desenvolvimento dos conceitos do problema e objetivos (final e intermediário) da pesquisa são baseados nos critérios de Vergara (2007):

1) Problema (a questão a investigar):

Como integrar o método Seis Sigma ao método de gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde?

2) Objetivo (o resultado a alcançar):

2.1) Objetivo final (aquele que dá resposta ao problema):

- a) Desenvolver um *road map* (mapa de percurso) para a aplicação do método Seis Sigma aliado ao método de gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde.

2.2) Objetivos intermediários (metas que suportam o objetivo final):

- a) Analisar a Trilogia de Juran e o método Seis Sigma através dos processos DMADV (desenvolvimento de novos processos, produtos e serviços), SDCA (controle de processos, produtos e serviços existentes) e DMAIC (melhoria dos processos, produtos e serviços existentes);
- b) Analisar os elementos do método de gestão de SMS através das normas OHSAS 18001, ISO 14001, o PSM da OSHA e a API 750;

- c) Propor, de modo não exaustivo, nas etapas dos processos DMADV, SDCA, DMAIC e PDCA de Mudanças, a utilização conjunta de ferramentas Seis Sigma e de SMS;
- d) Apresentar exemplo de aplicação do *road map* na gestão de SMS.

1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A dissertação a ser desenvolvida pretende ser uma contribuição para a melhoria da eficácia na utilização dos métodos de solução de problemas dentro da área segurança, meio ambiente e saúde.

O método Seis Sigma é reconhecidamente uma evolução em várias áreas de aplicação, em várias empresas e está sendo estudada pela academia. Empresas como a Motorola, General Electric, Allied Signal, DuPont, Dow Chemical, Boeing, American Express, Embraco, Multibras, Belgo-Mineira, Honeywell, Sony, estão entre que implantaram este método (PIZDEK, 2003; REVELLE, 2004; BREYFOGLE, 1999). Dentre estas, Dow Chemical, General Electric, DuPont e Honeywell adotaram o Seis Sigma para reduzir acidentes nas áreas de segurança e saúde.

O papel do Seis Sigma é ajudar a gerência a produzir mais com o mínimo de recursos. Isto é realizado através da racionalização do processo de gerenciamento. Através da aplicação do método científico do DMAIC/DMADV, produtos e processos são melhorados seja em eficiência, seja em eficácia, ou em ambas. Para produtos ou processos, Pizdek (2003) afirma que ainda não existentes ou que precisam de reprojeção, o método de projeto para Seis Sigma (DFSS – Design For Six Sigma) pode ser usada. A estrutura organizacional, de acordo com o autor citado acima, necessária para a implementação do Seis Sigma compreende ²:

- Comprometimento e treinamento da alta liderança na filosofia, princípios e ferramentas Seis Sigma. A alta liderança deve desenvolver a infra-estrutura necessária para suportar a implementação do programa Seis Sigma;
- Estabelecimento de comunicação com clientes, empregados e fornecedores. Isto envolve a aplicação de métodos de avaliação para identificar barreiras organizacionais à implementação do Seis Sigma;

² Resumo e tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

- Treinamento em ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas de modo focado para os membros da organização. O treinamento será diferente em função do grau de instrução, experiência e responsabilidade do treinando (Champions, Master Black-Belts, Black-Belts, Green-Belts, White-Belts). Os treinandos serão líderes ou farão parte de projetos Seis Sigma de melhoria. O treinamento nas técnicas estatísticas é elaborado com a ajuda de softwares estatísticos para facilitar e aumentar a velocidade de análise dos dados;
- Desenvolvimento de um processo de melhoria contínua e o estabelecimento de indicadores para monitoramento do sucesso e progresso dos projetos Seis Sigma alinhados aos objetivos do plano estratégico;
- Escolha, pela liderança e especialistas nos processos em todos os níveis da organização, dos processos a serem melhorados. A escolha dos principais problemas da organização levará à geração de projetos de melhoria. Indicadores serão estipulados para monitorar a eficácia do projetos, o atendimento ao plano estratégico e aos resultados financeiros esperados;
- Condução dos projetos Seis Sigma individualmente ou em grupos liderados por profissionais treinados (Black-Belts ou Green-Belts).

Ao contrário do que ocorre com o GQT, no Seis Sigma as ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas são utilizadas de forma estruturada e seqüencial em cada etapa do DMAIC/DMADV – acrescentando-se o SDCA para manutenção dos resultados no dia-a-dia obtidos na melhoria. Algumas destas ferramentas são citadas por Revelle (2004, p.44): Brainstorming, Benchmarking, Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Espinha de Peixe ou Ishikawa), Cartas de Controle Estatístico ou CEP (Controle Estatístico de Processo), Análise de Campos de Força, Histograma, Multivotação, Diagrama de Pareto, Mapeamento de Processos, Matriz de Priorização, Técnicas de Amostragem, Análise de Regressão, DOE (Planejamento de Experimentos), Testes de Hipóteses, Análise de Variância (ANOVA), Poka-yoke, Kanban

Na área de segurança do E&P da Petrobras, são utilizadas diversas ferramentas que têm uma raiz comum com as ferramentas da qualidade: HAZOP (*Hazard and Operability Analysis*), APR (Análise Preliminar de Riscos), FTA (*Fault Tree Analysis*), FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), Listas de Verificação (Guia de Identificação de Mudanças,

Formulário de Análise de Mudanças, Permissão para Trabalho, Verificação da Conformidade do Procedimento, Análise de Segurança da Tarefa, Auditorias Comportamentais).

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação da pesquisa relacionada à dissertação se dá de três modos:

- a) Delimitação espacial: a pesquisa tem como meta a melhoria do sistema de gerenciamento de SMS do E&P da Petrobras Petróleo S.A.;
- b) Delimitação temporal: a pesquisa está limitada ao sistema de gestão de SMS atualmente em vigor no SMS do E&P da Petrobras Petróleo S.A. Este sistema de gestão inicia-se em 2002 com o programa de Implantação das 15 Diretrizes de SMS no E&P fazendo parte do Programa de Segurança de Processo da Petrobras. Dando continuidade à Implantação das 15 Diretrizes de SMS no E&P (de 2002 a 2206), ainda em 2006, inicia-se o programa da Perenização das 15 Diretrizes de SMS no E&P. Este programa tem duração prevista até dezembro de 2015. Sua meta é atingir a excelência em SMS;
- c) Delimitação teórica: a pesquisa está limitada ao método de solução de problemas / gerenciamento dos projetos Seis Sigma. Desta forma, a estrutura de responsabilidades e funções, a estrutura dos treinamentos e a política de pessoal (AGUIAR, 2002) que fazem parte do programa Seis Sigma não são o foco desta dissertação. Além disso, são utilizados os elementos de sistemas de gestão em SMS das normas OHSAS 18001, NBR ISO 14001, *Process Safety Management* (PSM) da OSHA e API 750. Destas normas serão apenas utilizados os elementos: identificação de perigos (informação de segurança do processo), avaliação e controle de riscos, gestão de mudanças, revisões de segurança de pré-partida (*Pre-startups safety reviews*), integridade mecânica dos equipamentos, preparação e atendimento a emergências, práticas seguras de trabalho, investigação de acidentes, incidentes, não-conformidades e ações corretivas e preventivas e auditoria. Os demais elementos constantes nestas normas não fazem parte do estudo desta dissertação por não se configurarem como elementos específicos e

“fim” das mesmas (documentação e treinamento são elementos comuns aos sistemas de gestão em geral).

1.6 METODOLOGIA CIENTÍFICA DA PESQUISA

Neste item, a estrutura da metodologia científica utilizada nesta dissertação é apresentada.

1.6.1 Tipo de pesquisa

Considerando-se os critérios de classificação de pesquisa propostos por Vergara (2007), quanto aos fins e quanto aos meios, tem-se:

- a) Quanto aos fins: trata-se de uma pesquisa aplicada, pois está motivada pela necessidade de resolução de um problema concreto. Esta pesquisa aplicada visa a propor um método de gestão de SMS calcada no método de resolução de problemas utilizada no programa Seis Sigma;
- b) Quanto aos meios: trata-se de pesquisa, ao mesmo tempo, bibliográfica e documental. A pesquisa é bibliográfica, pois é um estudo sistematizado sobre o programa Seis Sigma e os sistemas de gestão de SMS e sua base conceitual em livros, artigos, dissertações e internet. A pesquisa também é documental porque fará uso de padrões, apresentações e relatórios provenientes de empresas privadas e estatal, não disponíveis para consulta pública.

1.6.2 Delineamento da pesquisa

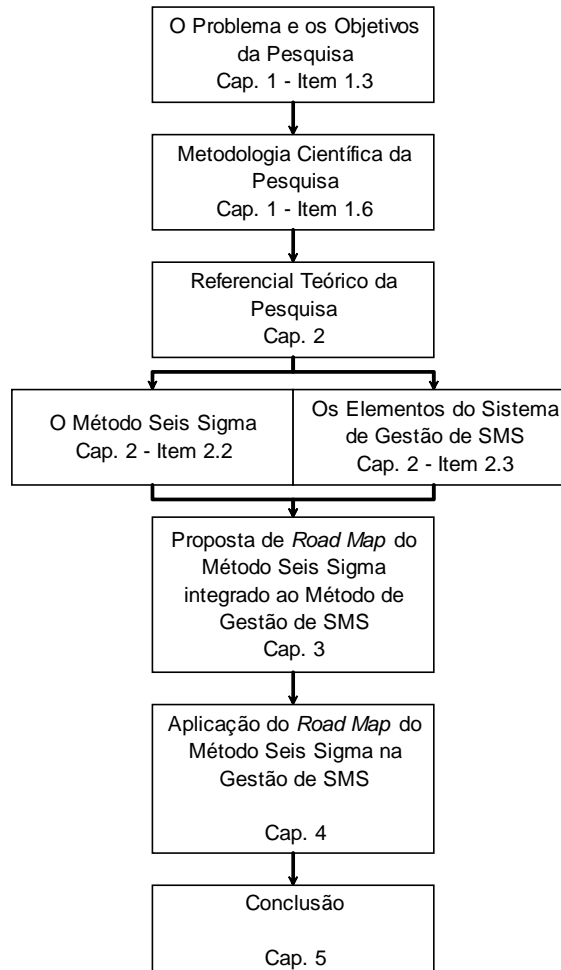


Figura 1: Fluxograma do delineamento da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O delineamento da pesquisa obedece aos passos da apresentação dos objetivos a serem alcançados e das questões a serem respondidas. Segue-se a definição da metodologia científica a ser utilizada e o estudo do referencial teórico. O referencial teórico divide-se em duas vertentes: o método Seis Sigma (proveniente da área da Qualidade) e os elementos do sistema de gestão de SMS (proveniente de normas de SMS). A fusão destas duas vertentes configura a proposta de um *road map* que integra o método Seis Sigma e o método de gestão de SMS, representado pelos elementos do sistema de gestão das normas discutidas. Por fim, no capítulo 4, é apresentado um exemplo de aplicação do *road map* proposto. Segue-se a conclusão da dissertação.

1.6.3 Instrumento de pesquisa

A pesquisa documental é realizada em livros, artigos, dissertações e padrões Petrobras. A pesquisa e sua proposta de desdobramento faz uso da experiência do autor desta dissertação como engenheiro de processo e qualidade em indústria e sua formação e projetos realizados no quadro do programa Seis Sigma como engenheiro *black belt* Alcoa s.a., assim como a experiência como engenheiro de segurança na Petrobras s.a.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A presente dissertação se desdobra em quatro capítulos, onde este primeiro capítulo apresenta a contextualização do problema, os objetivos e questões da pesquisa.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico abordando particularmente uma discussão sobre o método Seis Sigma e as normas de SMS.

O terceiro capítulo apresenta a estruturação do *road map* proposto, seus processos e principais etapas.

O capítulo quatro busca apresentar um aplicação de ferramentas Seis Sigma para os processos de Controle de processos, produtos e serviços existentes (SDCA) e Melhoria de processos, produtos e serviços existentes (DMAIC) com fins de exemplificar uma das etapas do modelo proposto.

No quinto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões e discussões das questões formuladas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO DA PESQUISA

Este capítulo está dividido em dois blocos: o estudo do método Seis Sigma e o estudo dos elementos dos sistemas de gestão de segurança, meio ambiente e saúde.

No bloco do estudo do método Seis Sigma, define-se rapidamente a estatística “Seis Sigma” e as diversas significações do programa com este nome. Em seguida, é realizada uma analogia entre o método científico e o ciclo PDCA. Esta análise serve como introdução a uma discussão sobre método Seis Sigma baseado na Trilogia de Juran e seus processos de planejamento (DMADV), controle (SDCA) e melhoria (DMAIC).

No bloco do estudo dos elementos de gestão de segurança, meio ambiente e saúde são identificados e apresentados os principais elementos constantes das normas OHSAS 18001, NBR ISO 14001, *Process Safety Management* (PSM) da OSHA e API 750. Estes são os elementos específicos do método de gestão de SMS, que são complementados por outros elementos comuns às demais normas de gestão.

2.1 O MÉTODO SEIS SIGMA

A seguir, o método Seis Sigma é discutido levando-se em conta suas dimensões quantitativa e qualitativa.

2.2.1 Visão geral do Seis Sigma

A denominação “Seis Sigma” comporta várias definições que envolvem seu entendimento e aplicação. Primeiramente, a estatística Seis Sigma (6σ) mede a capacidade de um processo estar livre de defeitos (HARRY, 1998), chegando a quase zero defeitos. Se traduzirmos as saídas (resultados) de um processo na forma de uma distribuição Normal, sob controle estatístico e com média centrada no valor nominal de especificação, temos um processo Seis Sigma quando a distância entre a média (μ) e os limites de especificação

(Limite Inferior de Especificação – LIE e Limite Superior de Especificação – LSE) for de seis desvios padrão ou 6σ (Figura 2).

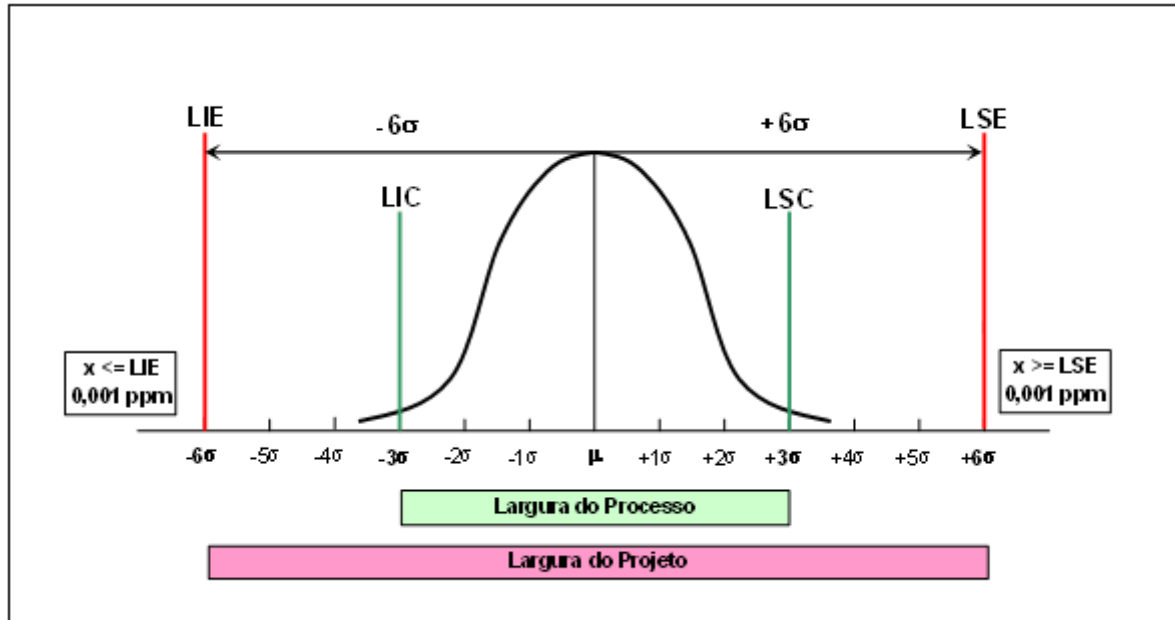


Figura 2: A estatística Seis Sigma.

Fonte: Adaptado de Harry, 1998.

Isto equivale a 0,002 ppm de defeitos (0,001 ppm ultrapassando cada lado dos Limites de Especificação). Considerando-se variações devido à degradação da qualidade em longo prazo (desgaste de máquinas e ferramentas, mudança de matéria prima, mão de obra e *set-up*) podemos ter uma descentralização máxima de $1,5\sigma$ em relação ao valor nominal ($6\sigma - 1,5\sigma = 4,5\sigma$) gerando no processo até 3,4 ppm de defeitos (Figura 2).

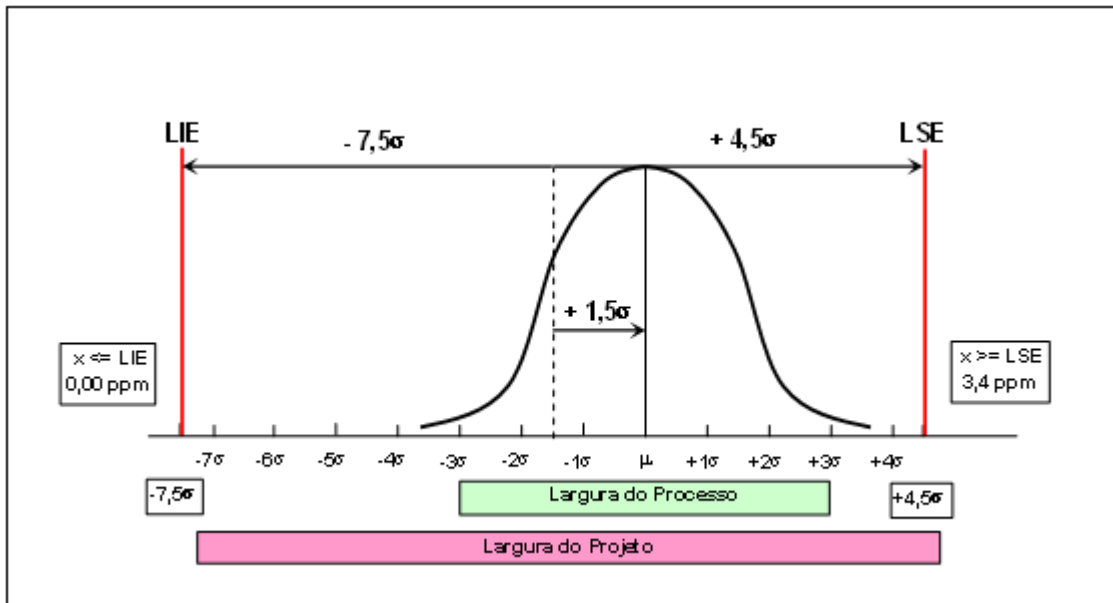


Figura 3: A estatística Seis Sigma.

Fonte: Adaptado de Harry, 1998.

É importante salientar que o deslocamento pode ocorrer tanto à direita da média do processo (Figura 3) como à esquerda.

Outra maneira de traduzir estatisticamente a medida Seis Sigma é utilizando os Estudos de Capacidade de Processo e seus Índices de Capacidade C_p e C_{pk} . As fórmulas dos índices estão dadas abaixo:

$$C_p = \text{LSE} - \text{LIE} / 6\sigma$$

$$C_{pk} = \min (\text{LSE} - \mu / 3\sigma; \mu - \text{LIE} / 3\sigma)$$

Onde: LSE: Limite Superior de Especificação;

LIE: Limite Inferior de Especificação

σ : Desvio padrão do processo;

μ : Média do processo

O índice C_p é frequentemente estabelecido em 1,33 (BESTERFIELD, 1990; WERKEMA, 1995) e este valor mínimo determina que um processo sob controle estatístico é capaz de atender às especificações do cliente.

Werkema (1995) classifica em três os processos em estudo de capacidade:

- 1) Capaz ou adequado: $C_p \geq 1,33$;
- 2) Aceitável: $1 < C_p \leq 1,33$;
- 3) Incapaz ou inadequado: $C_p < 1$;

O C_p é igual a 1 quando a faixa de especificação é igual à variação natural do processo ($LSE-LIE = 6\sigma$). Ver figura 4.

$$C_p = 6\sigma / 6\sigma = 1$$

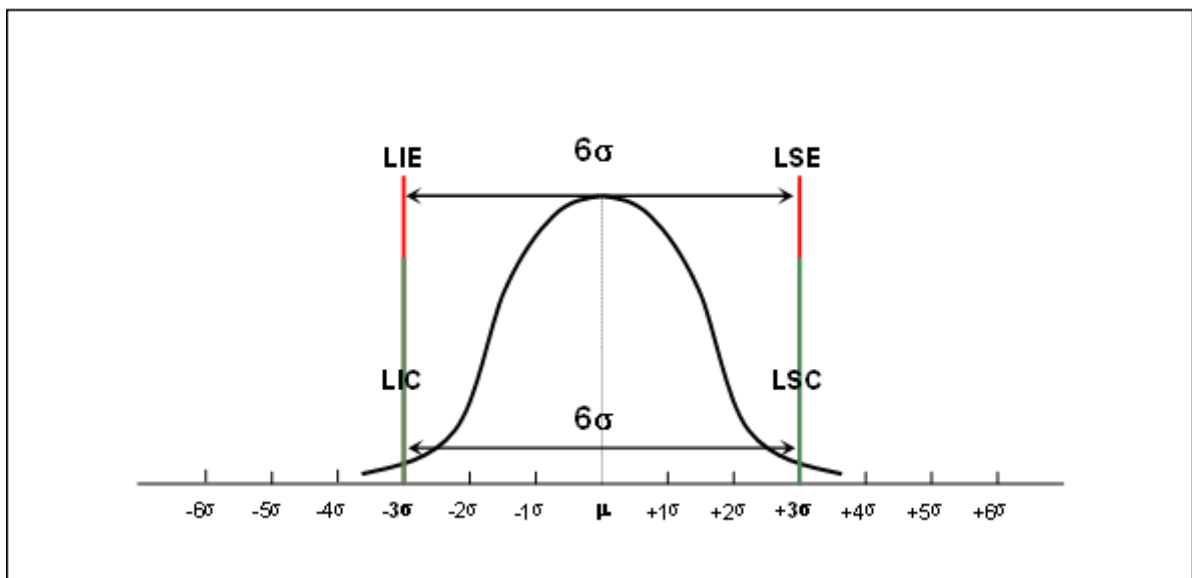


Figura 4: Índice de Capacidade, $C_p = 1$.

Fonte: Adaptado de Besterfield, 1990.

O C_p é igual a 1,33 quando a faixa de especificação é superior à variação natural do processo em $+2\sigma$ ($LSE-LIE = 8\sigma$). Ver figura 5.

$$C_p = 8\sigma / 6\sigma = 1,33$$

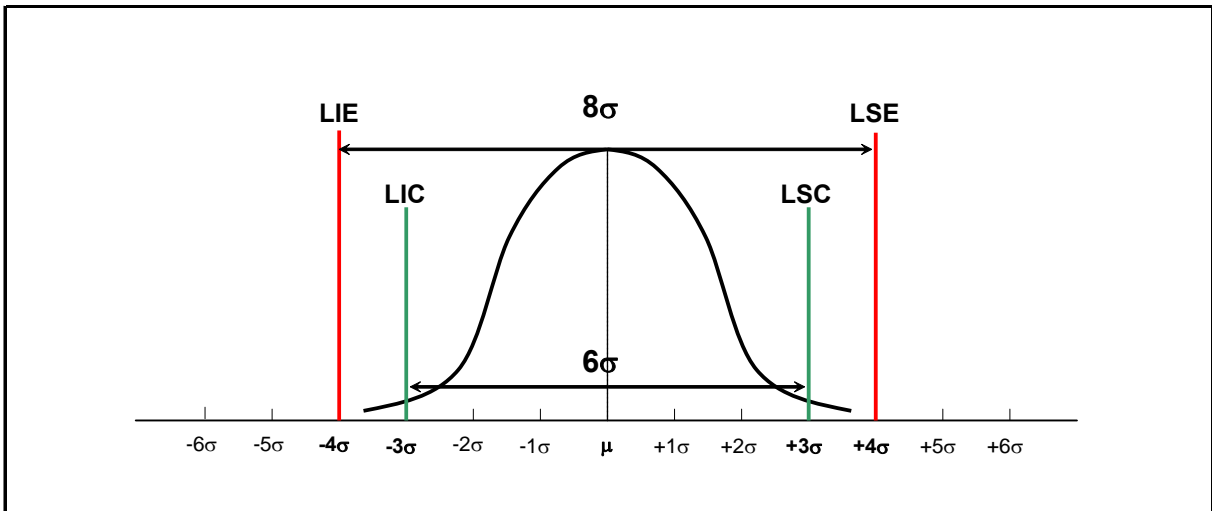


Figura 5: Índice de Capacidade, $C_p = 1,33$.

Fonte: Adaptado de Besterfield, 1990.

Para um processo Seis Sigma, o C_p deve ter um valor mínimo de 2 ($LSE - LIE = 12\sigma$)

O C_p é igual a 2 quando a faixa de especificação é superior à variação natural do processo em $+6\sigma$ ($LSE - LIE = 12\sigma$). Ver figura 5.

$$C_p = 12\sigma / 6\sigma = 2$$

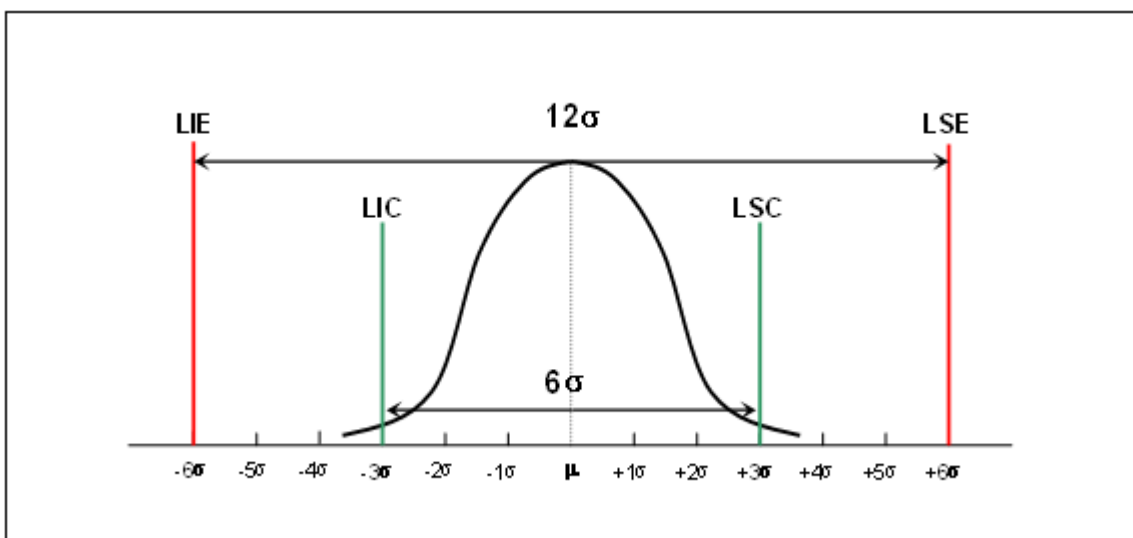


Figura 6: Índice de Capacidade, $C_p = 2$.

Fonte: Adaptado de Besterfield, 1990.

Para as classificações de estudos de capacidade de Werkema (1995), temos as seguintes proporções de defeitos geradas pelo processo:

- 1) Capaz ou adequado: $C_p \geq 1,33$ → menor ou igual a 64 ppm;
 2) Aceitável: $1 < C_p \leq 1,33$ → entre 64 e 2700 ppm;
 3) Incapaz ou inadequado: $C_p < 1$ → mais que 2700 ppm;

Para um processo com nível Seis Sigma, temos:

- 4) Capaz ou adequado: $C_p \geq 2$ → menor ou igual a 0,002 ppm;

Com um deslocamento na média de $1,5\sigma$:

$C_{pk} = 4,5\sigma / 3\sigma = 1,5$ → menor ou igual a 3,4 ppm.

O Programa Seis Sigma, no entanto, não pode ser entendido somente como uma meta numérica a ser atingida. Mais que isso, o Seis Sigma é uma evolução no modo de gerir os processos através da melhoria contínua. Aguiar (2002) identifica uma mudança cultural na empresa após a implementação do Programa Seis Sigma. Isto é consequência de como a empresa identifica e trata seus problemas. Aguiar (2002, p. 203) levanta itens desta mudança cultural:

- A atuação da empresa fica voltada principalmente ao atendimento das necessidades dos clientes;
- Toda meta ou projeto a ser desenvolvido deve trazer um retorno monetário mínimo;
- Aperfeiçoamento contínuo dos funcionários na condução de seus trabalhos e eliminação de operações que não agregam valor;
- Os problemas da empresa são problemas de seu corpo gerencial;
- A forma de resolução de problemas é padronizada em toda a empresa.

Perez-Wilson (1999, p. 148) entende que “o Seis Sigma significa muitas coisas”, entre outros:

- a) *Benchmark*: para comparação do nível de qualidade (ou de segurança) de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões, departamentos, etc;

- b) Meta: a meta Seis Sigma é levar as não conformidades a muito próximo de zero. Como já vimos 0,002 a 3,4 ppm;
- c) Medida: do nível de qualidade pela qual classificamos os processos (processos 2σ , 3σ , 4σ , 5σ , etc) e seus níveis de não conformidades;
- d) Filosofia: da melhoria contínua para atingir o zero defeito;
- e) Estatística: calculada para característica crítica à qualidade para avaliar o desempenho em relação à especificação ou à tolerância;
- f) Estratégia: que amarra o gerenciamento desde a concepção do produto através do projeto até a assistência técnica ao cliente;

Aguiar (2002, p. 204) entende que um dos fatores que determinam o sucesso do Programa Seis Sigma é sua estrutura de implantação e de condução que contempla:

- I. Método de solução de problemas e de desenvolvimento de novos produtos / serviços e/ou processos;
- II. Estrutura de responsabilidades e funções;
- III. Estrutura dos treinamentos;
- IV. Política de pessoal.

Perez-Wilson (1999), no entanto, não considera como um dos significados ou características do programa Seis Sigma o método de resolução de problemas empregado. Segundo Perez-Wilson (1999, p. 145) “o Seis Sigma não é uma metodologia. Ele é um fim, não um meio”. Esta assertiva é contraditória com as características por ele mesmo listadas como, por exemplo, aquela referente à “estratégia”: sabemos que a estratégia não é um fim, mas um meio para alcançar os objetivos da empresa. Por outro lado, outros autores além de Aguiar (2002) consideram que o Programa Seis Sigma tem método próprio: Rath e Strong (2006), Pyzdek (2003), Breyfogle (1999) e outros considerados na bibliografia.

2.2.2 O método científico e o PDCA

Método é uma palavra de origem grega. Sua composição tem a palavra *meta* (mesmo significado em português) e *hódos* (caminho). Podemos definir método como “caminho para a

meta” (CAMPOS, 1996 – Anexo A). O método de resolução de problemas utilizado nos projetos Seis Sigma vem do método científico. O método científico é composto de três etapas:

- a. Determinação de uma hipótese;
- b. Realização de um experimento envolvendo a hipótese estudada;
- c. Teste da validade da hipótese.

Shewhart (1986, p. 47) propõe um paralelo entre o método científico e aquilo que chama de “os três passos fundamentais no controle da qualidade”³:

- a. Especificação da qualidade do produto que se quer;
- b. Produção de produtos projetados para atender às especificações;
- c. Inspeção dos produtos para verificar se atendem às especificações.

Este paralelismo se inclui dentro da administração científica preconizada por Taylor. Dentro do quadro da produção industrial em massa, a hipótese do método científico se converte em especificações (tolerâncias) para o processo e para o produto final. O processo envolve matéria-prima, máquinas, meio ambiente, mão de obra, medição e método. As especificações se compõem de metas da qualidade (qualidade intrínseca, custo e prazo de entrega) e de meios para atingi-las (projeto do produto e especificações das variáveis do processo, incluindo os procedimentos operacionais padrão para a força de trabalho). Aquilo que as especificações visam é a padronização dos produtos (comprimento, largura, altura, cor, etc) e processos (temperatura, pressão, velocidade, etc). Portanto, na etapa de especificação, o que temos é o planejamento para a produção. Em função das condições do processo, as especificações-hipóteses podem ou não se realizar. É na etapa de produção que há a transformação da matéria prima em produto final. O sucesso no atendimento às especificações vai depender do controle e capacidade do processo de fabricação. Finalmente, na etapa de inspeção, se verifica se as especificações-hipóteses foram atendidas. Shewhart (1986) propõe também que estes três passos do controle da qualidade sejam dispostos em um círculo ao invés de uma linha reta (Figura 7). Segundo ele, estes passos constituem “um processo científico dinâmico de aquisição de conhecimentos”. Após o passo de inspeção o círculo remete para uma volta ao primeiro passo que é a especificação.

³ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

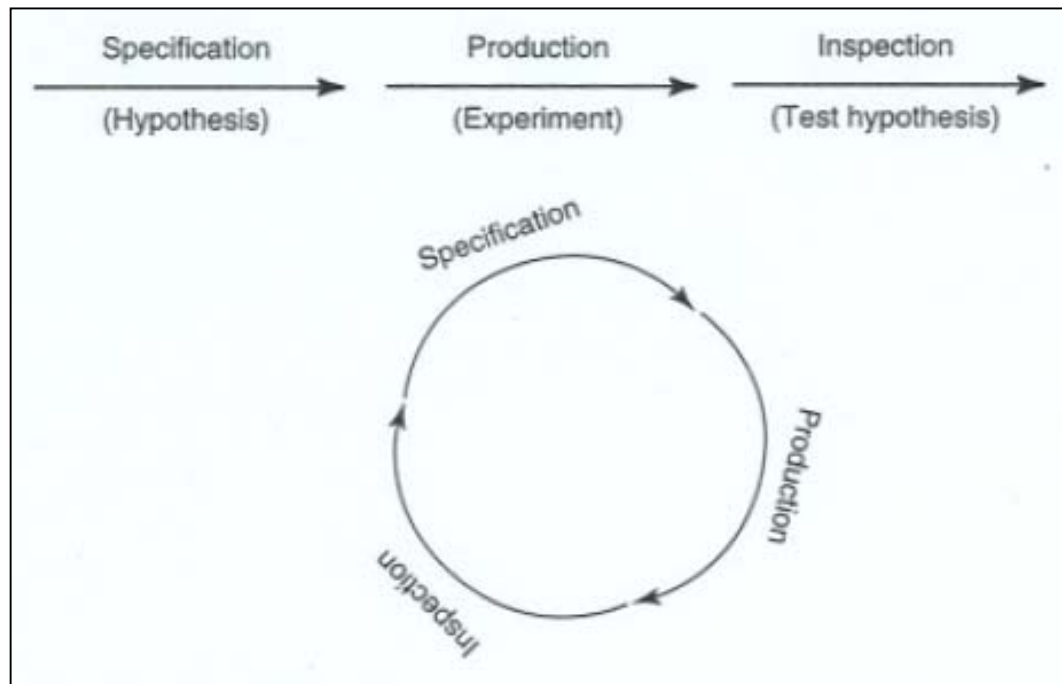


Figura 7: Os três passos do Controle da Qualidade por Shewhart.

Fonte: Pyzdek, 2003.

A volta ao passo 1 - Especificação é necessária para o estabelecimento de tolerâncias mais apertadas para o produto / processo. Segundo Shewhart (1986), isto é importante porque deste modo faz-se um uso mais eficiente dos materiais e conseqüentemente há redução de custos. Shewhart preconiza que estas novas tolerâncias devem ser especificadas através dos limites de controle do processo em estudo. Os vários giros do ciclo servem para levar o processo a um estado de controle estatístico. Mais giros levam o processo a melhorar sua capacidade. Daí que Shewhart idealiza que estes 3 passos, na verdade, são melhor representados por uma espiral. Após a espiral dar várias voltas ascendentes, gradualmente estabiliza em uma forma circular e plana. Esta forma circular ideal indica que não há mais necessidade de melhorias: por razões econômicas, é apenas necessário manter o processo no estágio de controle e capacidade atingido.

De acordo com Pyzdek (2003), Shewhart e Deming revisaram o ciclo dos 3 passos do controle da qualidade para um ciclo de quatro etapas que é o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*).

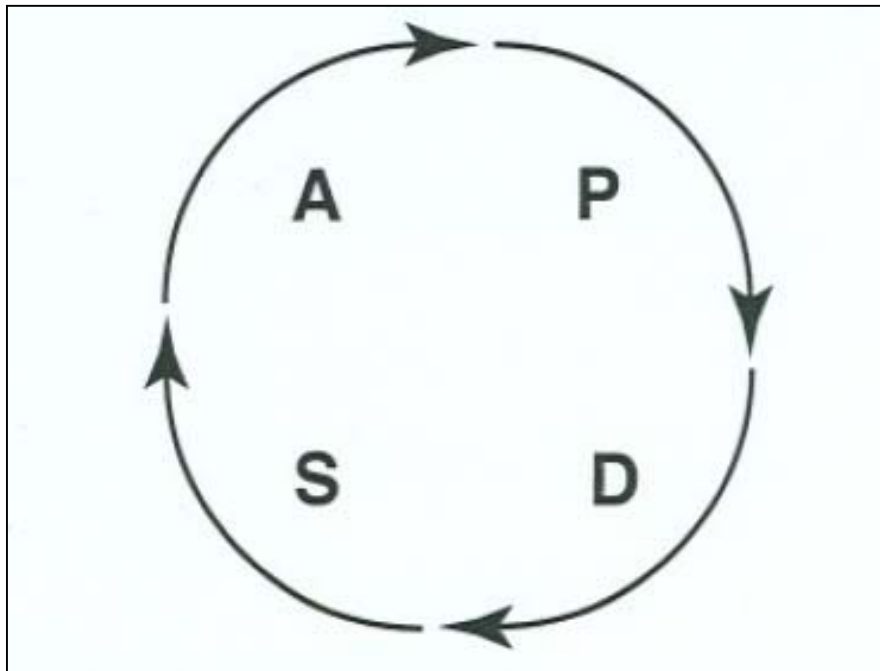


Figura 8: O ciclo PDSA.
Fonte: Pyzdek, 2003, p. 245.

O ciclo PDCA é denominado de várias maneiras. Deming denomina-o de ciclo Shewhart (DEMING, 1990), no Japão é conhecido como ciclo de Deming (DEMING, 1990), ciclo de Shewhart-Deming (PIZDEK, 2003) ou PDSA (*Plan, Do, Study, Act*) (PYZDEK, 2003, *apud* DEMING, 1993 p. 134) (Figura 8). Na utilização do ciclo PDCA, cada etapa influencia a outra, seja a etapa seguinte ou a precedente (DEMING, 1990).

Deming (1990, p. 66, figura 5) define da seguinte forma as 4 etapas do ciclo:⁴

Etapa do planejamento (P):

- a) Identificação do problema (identificação das mudanças necessárias para a melhoria);
- b) Levantamento de dados e realização de observações;
- c) Planejamento da mudança ou de um teste;

Etapa da Execução (D):

Execução da mudança ou teste;

Etapa da verificação (C):

Observação dos efeitos da mudança ou teste;

Etapa de reflexão (A):

Análise crítica dos resultados e repetir a etapa 1 com conhecimentos acumulados.

⁴ Re-escritura pelo autor desta dissertação de mestrado.

2.2.3 A Trilogia de Juran e o Seis Sigma

Segundo DeFeo e Barnard (2004), a gestão é composta de três processos básicos⁵: planejamento estratégico e tático (*planning*), controle (*controlling*) e melhoria ou rompimento (*improving* ou *breakthrough*). Juntos, eles formam a “Trilogia de Juran”⁶ (Figura 9). Estes três processos são essenciais para as organizações porém individualmente são insuficientes. Cada um deles possui uma sequência de tarefas específicas e ferramentas associadas e interagem mutuamente.

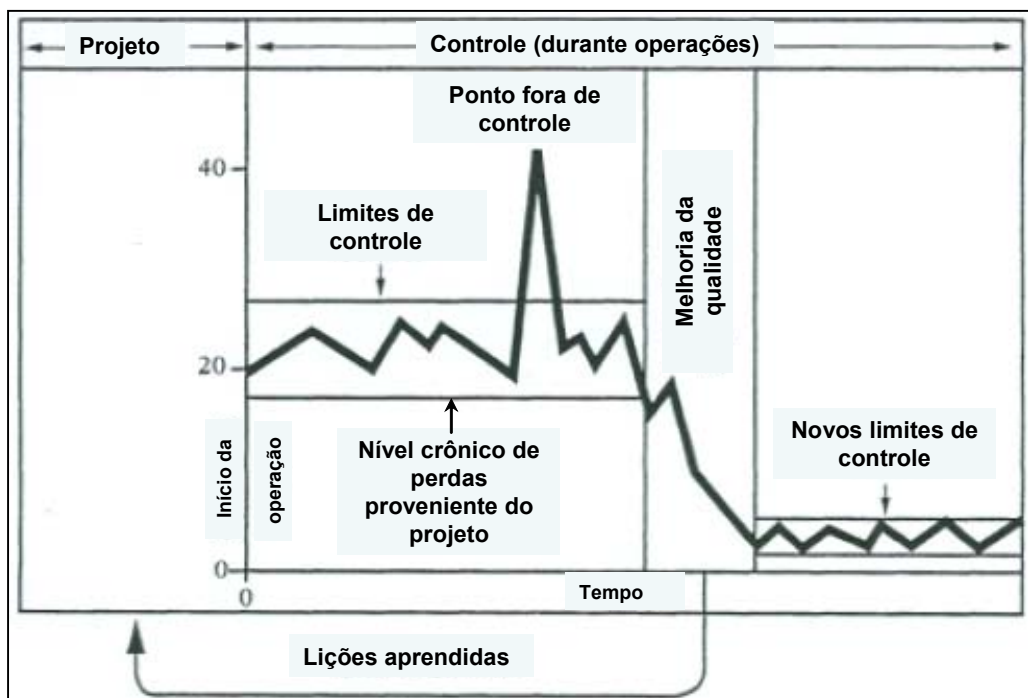


Figura 9: A Trilogia de Juran

Fonte: DeFeo;Barnard, 2004, p. 30.

Werkema (1995) define processo como “um conjunto de causas que têm como objetivo produzir um determinado efeito, o qual é denominado produto do processo”. O processo pode ser traduzido pelo Diagrama de Ishikawa⁷ que o divide em família de causas (seis “M”):

⁵ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

⁶ O termo “Trilogia de Juran” (*Juran Trilogy*) foi estabelecido pelo Juran Institute em 1986 (DEFEO;BARNARD, 2004).

⁷ Também denominado Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe (WERKEMA, 1995).

- Matéria-prima (insumos);
- Métodos (procedimentos);
- Medidas (informações do processo);
- Mão de obra (pessoas);
- Meio ambiente (condições ambientais);
- Máquinas (equipamentos).

Os três processos básicos da Trilogia de Juran atuam no que Werkema (1995) denomina “itens de controle” e “itens de verificação” (Figura 10):

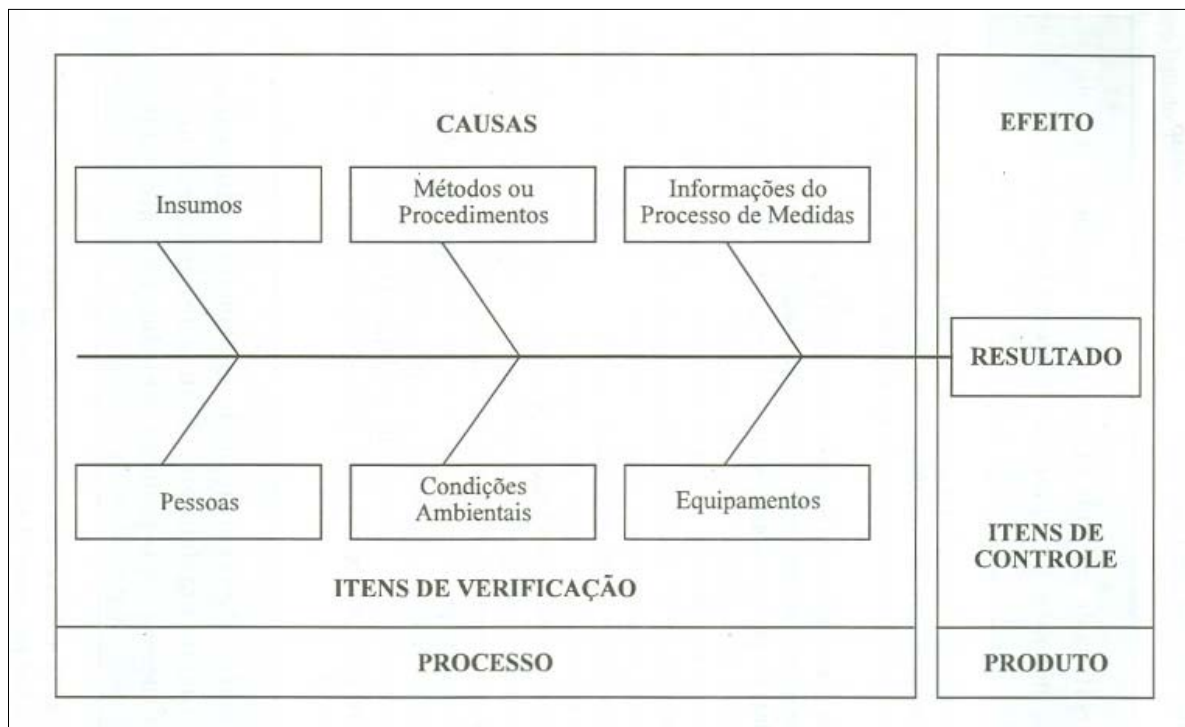


Figura 10: Itens de controle e itens de verificação
 Fonte: Werkema, 1995, p. 22.

- Itens de controle: medem a qualidade intrínseca, o custo, a entrega, a segurança do produto e o moral dos trabalhadores. Itens de controle medem, portanto, o efeito, o resultado de um processo. Um processo é gerenciado através dos itens de controle;
- Itens de verificação: medem as principais causas (seis “M”) que afetam os itens de controle de um processo e que podem ser medidas e controladas.

Werkema (1995) destaca que os bons resultados dos itens de controle são garantidos pelo acompanhamento dos itens de verificação. Além disso, um item de verificação de um processo pode ser um item de controle de um processo anterior.

2.2.3.1 O Processo de Planejamento

A parte esquerda da Figura 8 representa a etapa de planejamento dentro da Trilogia de Juran. Esta etapa ocorre antes do início da linha do tempo (eixo da abscissas) e portanto antes do “tempo zero”. A partir deste ponto, realiza-se a manufatura ou processamento onde se dá o controle da qualidade de produtos e processos. Nesta etapa são estabelecidas “metas estratégicas e operacionais e metas para os produtos e processos, assim como são estabelecidos os meios para o alcance destas metas”⁸ (DEFEO; BARNARD, 2004, p. 23). Campos (2004) destaca que nesta fase de planejamento são estabelecidos metas (especificações) e métodos (procedimentos). Segundo Campos (1992, apud WERKEMA, 1995), no processo de planejamento (da qualidade) há o estabelecimento da “Diretriz de Controle”:

A diretriz de controle consta de meta, que é a faixa de valores desejada para o item de controle (nível de controle), e do método, que são os procedimentos necessários para o alcance da meta.

Segundo DeFeo e Barnard (2004), o processo de planejamento divide-se em dois: o planejamento estratégico e o planejamento tático, que é o desenvolvimento de novos produtos e processos.

O planejamento estratégico é composto dos seguintes elementos básicos, segundo DeFeo e Barnard (2004) ⁹:

- Visão: o estado futuro almejado pela organização (aquilo que se quer ser). Segundo Werkema (2004) o programa Seis Sigma visa levar a organização que o adota a ser a melhor do ramo;

⁸ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

⁹ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

- Missão: a razão da existência da organização (aquilo o que se faz e a quem se serve);
- Valores: o credo da organização (o que se é);
- Estratégias: meios empregados para realizar a visão. A implantação do programa Seis Sigma é uma das importantes iniciativas estratégicas utilizadas por empresas como a *General Electric*;
- Metas: objetivos que a organização deve atingir em um período considerado de longo prazo que pode variar entre um, três, cinco ou dez anos. A realização das metas concretiza a visão;
- Projetos: através do desdobramento (*deployment*), as metas são convertidas em sub-metas, as sub-metas em metas anuais e estas em planos e projetos nas diversas áreas e níveis da organização. Os Projetos Seis Sigma de desenvolvimento de novos produtos e processos (*Design for Six Sigma – DFSS*) e os projetos Seis Sigma de melhorias são exemplos de projetos.

Como o objetivo do Seis Sigma é chegar muito perto a zero defeito ou 3,4 ppm (WERKEMA, 2004), seus projetos visam os resultados quantitativos (fins). Neste sentido, os projetos Seis Sigma se distinguem de outros projetos cujo objetivo é a implantação de novos procedimentos ou ferramentas (meios). A Figura 11 apresenta o processo do Planejamento Estratégico. O estudo do planejamento estratégico não está no escopo desta dissertação.

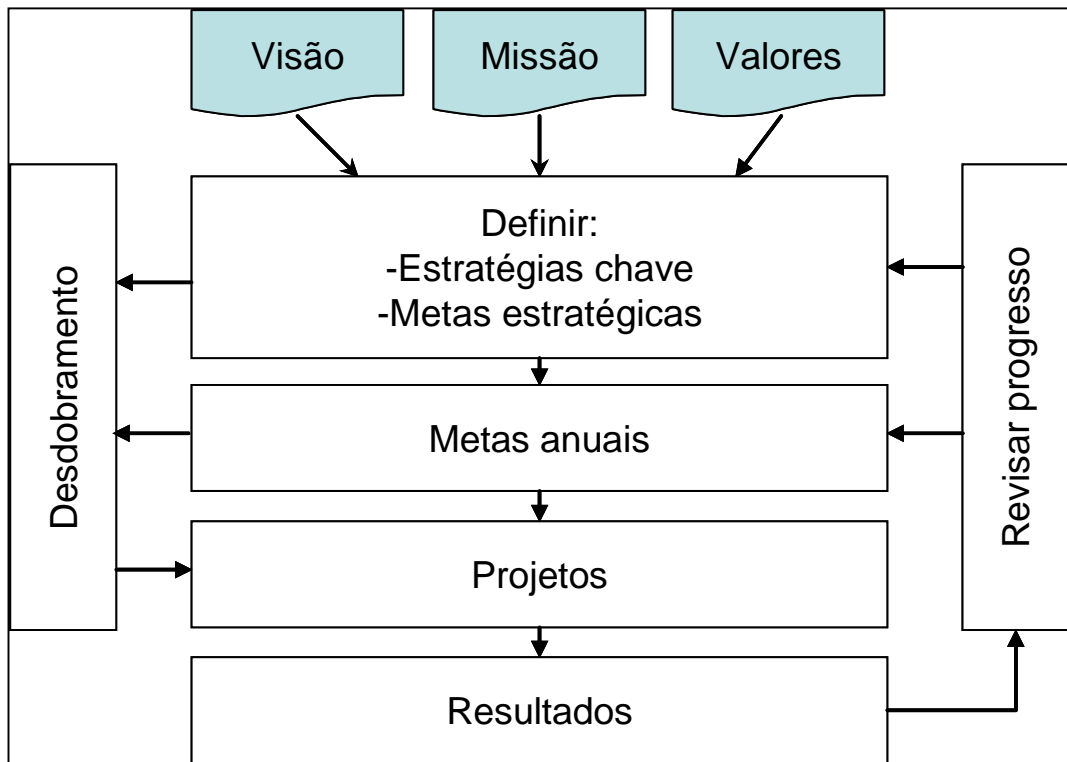


Figura 11: Planejamento Estratégico
 Fonte: DeFeo;Barnard, 2004, p. 315.

O desenvolvimento de novos produtos e processos é considerado um planejamento tático e deve estar alinhado ao planejamento estratégico, do qual é um de seus desdobramentos (DEFEO; BARNARD, 2004). DeFeo;Barnard (2004) definem o processo de desenvolvimento de novos produtos e processos nas seguintes sub-etapas ¹⁰:

- Identificar clientes e mercados alvo;
- Conhecer as necessidades dos clientes;
- Traduzir estas necessidades para nossa linguagem: definições operacionais, procedimentos, especificações, etc;
- Desenvolver um produto que atenda às necessidades dos clientes;
- Desenvolver um processo para produzir o produto da maneira mais econômica;
- Transferir este projeto para as forças operacionais.

É importante observar que na etapa de planejamento (desenvolvimento de novos produtos e processos), apresentada graficamente no modelo da Figura 8, já está embutido um

¹⁰ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

percentual de perdas, não conformidades ou defeitos. Após a entrega do produto e processo para a operação (*operations begin*) temos de início 20% de defeitos no produto: é o nível crônico de perdas. Este nível crônico (no processo ou produto final) foi projetado (*planned*) desta forma, não por vontade dos projetistas, mas por erro ou omissão. “Não importa o quanto se tente, os defeitos de projeto de produtos ou processos levam, em média, à impossibilidade de melhorias (no produto ou processo) pela força de trabalho”¹¹ (DEFEO; BARNARD, 2004, p. 31).

No Seis Sigma, o processo de desenvolvimento de novos produtos e processos é denominado *Design for Six Sigma* (DFSS) e o método utilizado para o desenvolvimento de novos produtos e processos é o DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design, Verify*).

2.2.3.2 O Processo de Controle

O processo de controle, dentro da Trilogia de Juran, realiza a prevenção e/ou correção de mudanças “negativas” e não admissíveis em produtos e processos (DEFEO; BARNARD, 2004). Aqui, são seguidas as chamadas “metas para manter”. As metas para manter (ou metas padrão) são constituídas de uma faixa aceitável de valores para os itens de controle: são as especificações do produto. Para que as metas (fins) de manutenção dos itens de controle possam ser atingidas é necessário atuar nos processos (meios) (WERKEMA, 1995).

Na Figura 8, o processo de controle se inicia no ponto zero da linha do tempo (eixo das abcissas – *operations begin*). De acordo com os pressupostos dos autores DeFeo e Barnard (2004) e Werkema (1995), o processo de controle visa à manutenção dos níveis de desempenho estipulados nas “metas para manter” e ao cumprimento de todos os procedimentos operacionais. Segundo DeFeo; Barnard (2004), este processo caracteriza-se em¹²:

- Medir o desempenho;
- Comparar o desempenho com o padrão;
- Agir nos maus resultados.

¹¹ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

¹² Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

A Figura 8 apresenta uma característica importante nesta etapa da Trilogia de Juran: o processo de controle apenas mantém sob controle o nível crônico de perdas não o melhora. O processo de controle gera ações corretivas para ocasionais pontos fora de controle estatístico (*sporadic spike*) que fogem dos limites de controle (*original zone of control*). Segundo Campos (1992, *apud* Werkema, 1995), nesta etapa se realiza a manutenção dos padrões:

[...] (a manutenção do nível de controle ou padrões) consiste em garantir que a meta estabelecida no item 1 (processo de desenvolvimento de produtos e processos) seja atingida. Caso isto não ocorra, será necessário atuar nas causas que provocaram o desvio e recolocar o processo no estado de funcionamento adequado.

No processo de controle, ações corretivas são implementadas para eliminar as causas especiais de variação (causas assinaláveis) gerando previsibilidade (WERKEMA, 1995) (Figura 11).

O processo de controle não possui método específico no Seis Sigma. O método utilizado para a manutenção dos resultados é o SDCA (*Sustain, Do, Check, Act*).

2.2.3.3 O Processo de Melhoria

O processo de melhoria leva a uma mudança benéfica: melhoria nos resultados através de melhores procedimentos e especificações (DEFEO; BARNARD, 2004). No processo de melhoria são estipuladas “metas para melhorar”. Segundo Werkema (1995), as metas para melhorar “surgem do fato de que os clientes sempre desejam um produto cada vez melhor, a um custo cada vez mais baixo e com uma entrega cada vez mais precisa”.

Segundo DeFeo; Barnard (2004), este processo caracteriza-se em¹³:

- Identificar um problema;
- Estabelecer um projeto;
- Analisar os sintomas para se ter um conhecimento preciso do desempenho atual;
- Gerar e testar teorias sobre as causas dos sintomas analisados;

¹³ Tradução livre do autor desta dissertação de mestrado.

- Identificar as causas raiz do problema;
- Desenvolver melhorias;
- Estabelecer novos controles para manter os resultados;
- Lidar com resistências às mudanças;
- Replicar o resultado.

O processo de melhoria atua no nível crônico de perdas para melhorá-lo: sua função é reduzir as perdas crônicas. Segundo Campos *apud* Werkema (1995), nesta etapa há alteração da “Diretriz de Controle” para alcançar a melhoria:

[...] (a alteração da diretriz de controle) consiste em mudar o nível de controle atual e alterar os procedimentos padrão de tal forma que o novo nível de controle seja atingido. Estas alterações têm o objetivo de melhorar o nível de qualidade *planejado inicialmente* [grifo nosso]. (WERKEMA, 1995)

No processo de melhoria, ações corretivas são implementadas para reduzir as causas comuns de variação (causas aleatórias) gerando competitividade (WERKEMA, 1995) (Figura 12).

No Seis Sigma, o método utilizado para a melhoria de produtos e processos existentes é o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*).

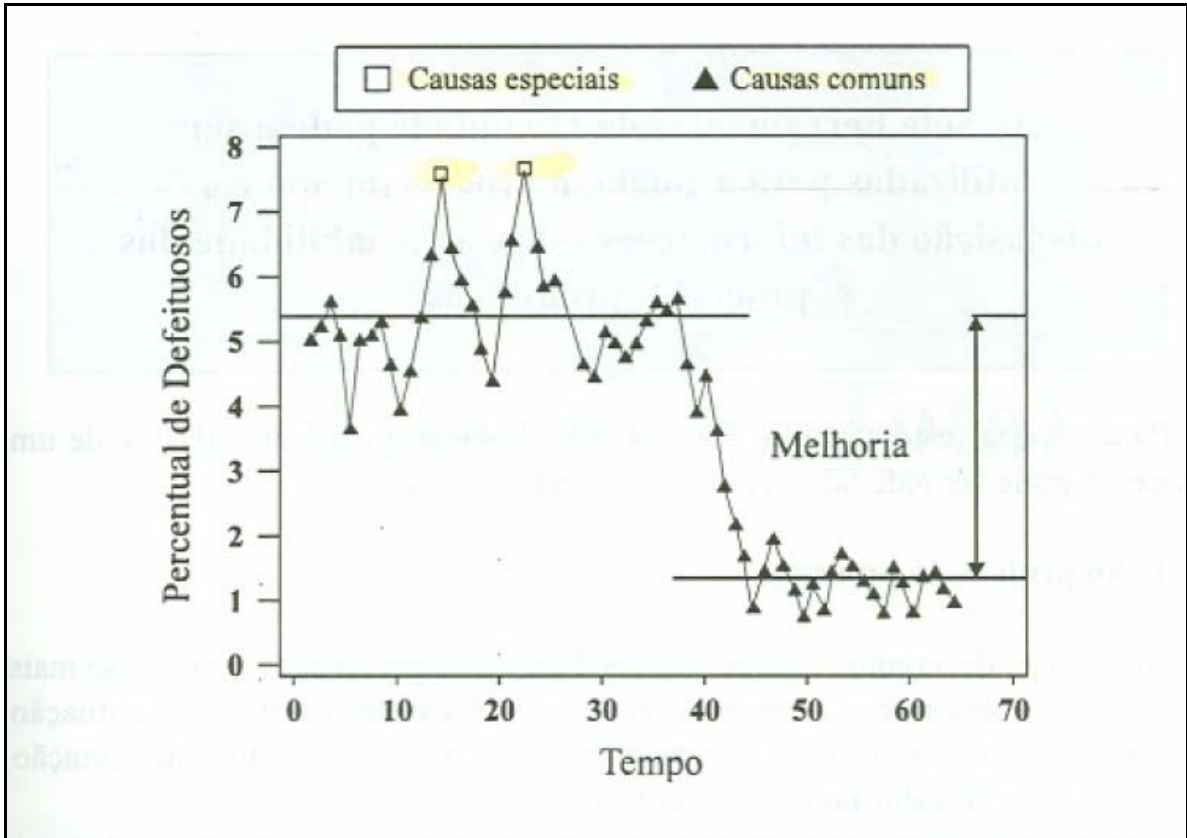


Figura 12: Causas especiais (assinaláveis) e causas comuns (aleatórias).

Fonte: Werkema, 1995, p. 7.

A Figura 13 faz uma comparação entre o processo de melhoria e o processo de controle.

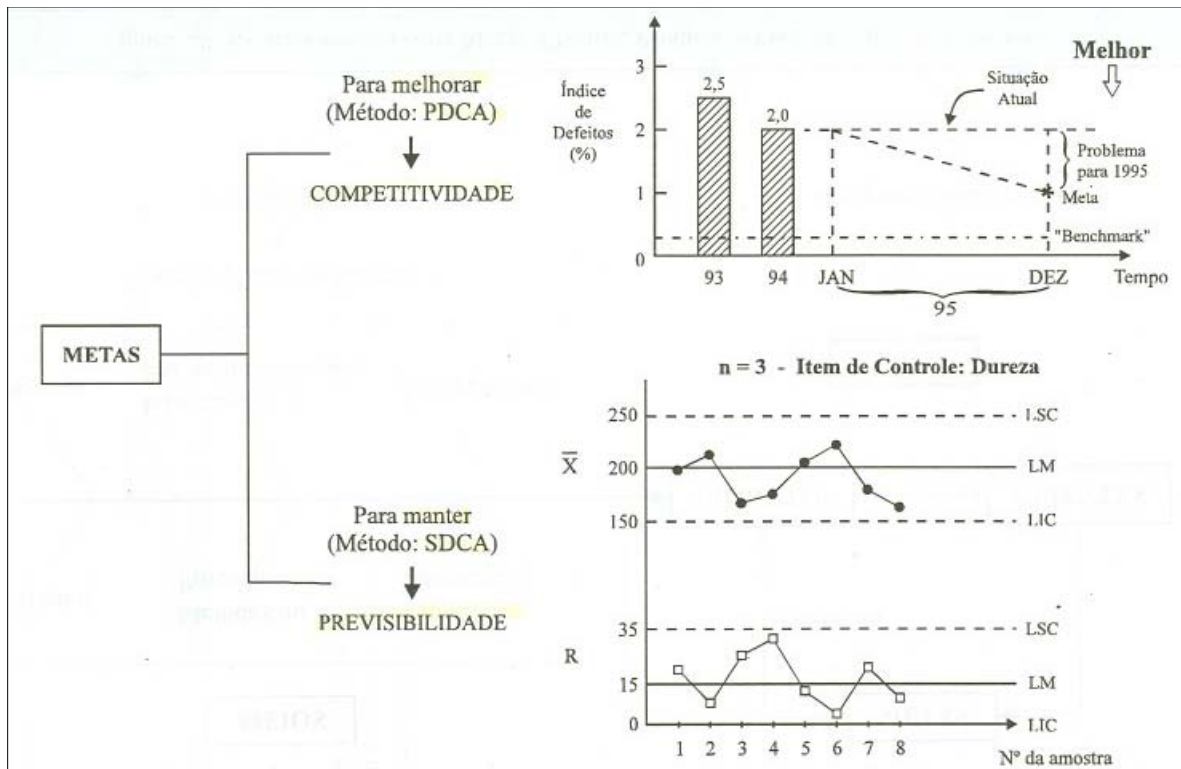


Figura 13: Comparação entre os processos de melhoria e controle
 Fonte: Werkema, 1995, p. 29.

2.3 OS ELEMENTOS DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Os sistemas de gestão em segurança, saúde (e meio ambiente) podem ser definidos como uma combinação de partes coordenadas entre si e que concorrem para um resultado (PINTO, 2005). Diversas normas abordam a implementação de sistemas de gestão de segurança, saúde e meio ambiente em organizações. Pinto (2005) entende que a escolha dos referenciais existentes de segurança e saúde passa por questões de aceitação de mercado onde a organização atua. Segundo este autor, as normas existentes abordando este tema são tecnicamente semelhantes, como as normas nacionais inglesa BS 8800 e a portuguesa NP 4347. Neste panorama, o único referencial de reconhecimento internacional é a OHSAS 18001 (PINTO, 2005). A NBR ISO 14001 é uma norma internacional que define requisitos para um sistema de gestão ambiental. Enquanto a OHSAS 18001 e a NBR ISO 14001 são aplicáveis para a indústria em geral, há normas mais específicas em sua aplicabilidade.

Exemplos são normas como o *Process Safety Management* (PSM) da OSHA e as práticas recomendadas API 75 e 750, que inserem o sistema de gestão de segurança e saúde dentro de um quadro mais específico de indústria. O PSM da OSHA está voltado para a indústria química em geral na prevenção de acidentes ampliados envolvendo produtos químicos altamente perigosos (DENNISON, 1994). As práticas recomendadas API são referenciais para as indústrias de petróleo e petroquímica (ESTEVES, 2004). A API 750¹⁴ é concebida para a gestão de perigos de processo na indústria de petróleo e petroquímica no que diz respeito à prevenção de liberações catastróficas de produtos tóxicos ou inflamáveis. Assim como o PSM da OSHA, a API 750 destina-se à prevenção de acidentes ampliados envolvendo produtos químicos altamente perigosos. Já a API 75 tem como objetivo um sistema de gestão em segurança e meio ambiente específico para as atividades *offshore* de produção de petróleo (ESTEVES, 2004). A API 75 não será objeto de análise neste estudo.

2.3.1 O método PDCA e os sistemas de gestão de segurança, saúde e meio ambiente

O método PDCA é a base para a implementação dos sistemas de gestão de segurança, saúde e meio ambiente proposto pela OHSAS 18001 e NBR ISO 14001.

A figura 14 apresenta a implementação do sistema de gestão da SSO (segurança e saúde ocupacional) segundo a OHSAS 18001.

¹⁴ A tradução da API 750 foi realizada pelo autor desta dissertação de mestrado.

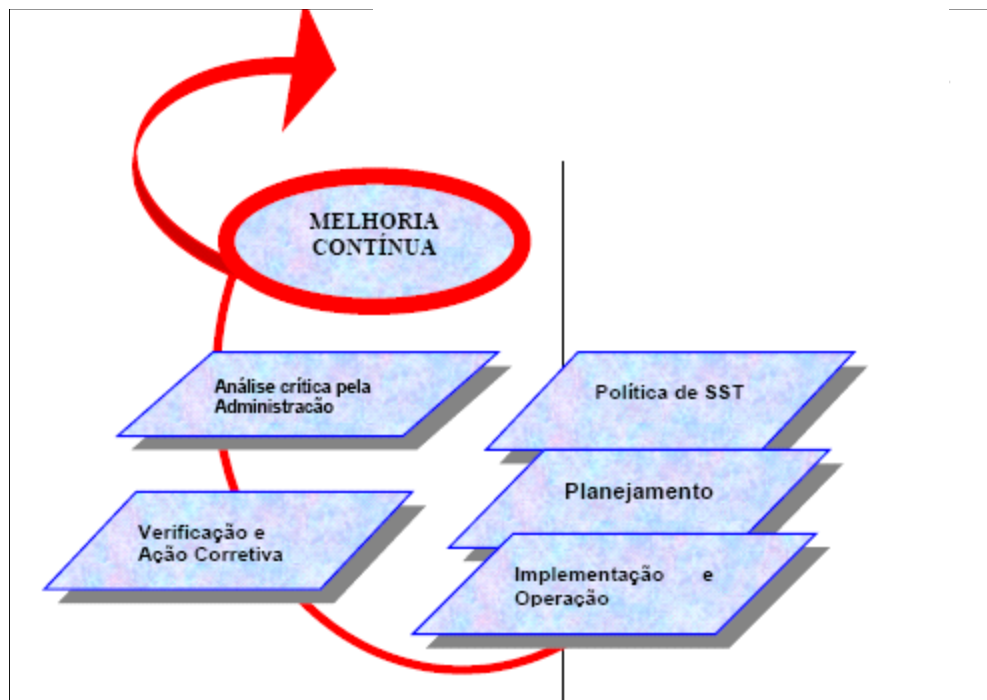


Figura 14: Elementos do sistema de gestão de SSO da OHSAS 18001.
Fonte: OHSAS 18001, 1999.

Os elementos do sistema de gestão estabelecido pela OHSAS 18001 e NBR ISO 14001 são correlatos às etapas do ciclo PDCA.

O primeiro elemento a ser abordado é a política de SMS, que está fora do ciclo PDCA. A política de SMS de uma organização, segundo a OHSAS 18001, deve ser formulada pela alta administração estabelecendo os objetivos globais de segurança e saúde e o comprometimento para melhorar o desempenho de SSO. Já a NBR ISO 1400 estabelece que a política ambiental de uma organização são intenções e princípios gerais que norteiam seu desempenho ambiental. O giro do ciclo PDCA é expresso nos seguintes termos pela NBR ISO 14001 (versão para treinamento, p. 3):

- Planejar: estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização;
- Executar: implementar os processos;
- Verificar: monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental,
- Objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados;

- Agir: agir para continuamente melhorar o desempenho do sistema de gestão ambiental.

A OHSAS 18001 e a NBR ISO 14001 têm uma estrutura semelhante e compatível. Ver abaixo a correlação das duas normas:

1. Objetivo e campo de aplicação;
2. Publicações de referência (OHSAS 18001) / Referências normativas (NBR ISO 14001);
3. Termos e definições;
4. Elementos do sistema de gestão da segurança e saúde ocupacional (OHSAS 18001) / Elementos do sistema de gestão ambiental (NBR ISO 14001);
 - 4.1. Requisitos gerais;
 - 4.2. Política do sistema de gestão da segurança e saúde ocupacional (OHSAS 18001) / política ambiental (NBR ISO 14001);

Os itens seguintes configuram a estrutura do PDCA:

Planejar:

4.3. Planejamento

- 4.3.1. Planejamento para identificação de perigos e avaliação e controle de riscos (OHSAS 18001) / Aspectos ambientais (NBR ISO 14001);
- 4.3.2. Requisitos legais e outros requisitos (OHSAS 18001) / Requisitos legais e outros (NBR ISO 14001);
- 4.3.3. Objetivos (OHSAS 18001) / Objetivos, metas e programas (ISO 14001);

Executar:

4.4. Implementação e operação

- 4.4.1. Estrutura e responsabilidade (OHSAS 18001) / Recursos, funções, responsabilidades e Autoridades (NBR ISO 14001);
- 4.4.2. Treinamento, conscientização e competência (OHSAS 18001) / Competência, treinamento e conscientização (ISO 14001);
- 4.4.3. Consulta e comunicação (OHSAS 18001) / Comunicação (NBR ISO 14001);
- 4.4.4. Documentação;
- 4.4.5. Controle de documentos e dados (OHSAS 18001) / Controle de documentos (NBR ISO 14000);

4.4.6. Controle operacional;

4.4.7. Preparação e atendimento a emergências (OHSAS 18001) / Preparação e resposta a emergências (NBR ISO 14001);

Verificar:

4.5. Verificação e ação corretiva (OHSAS 18001) / Verificação (NBR ISO 14001);

4.5.1. Monitoramento e medição do desempenho (OHSAS 18001) / Monitoramento e medição (NBR ISO 14001);

4.5.2. Acidentes, incidentes, não-conformidades e ações corretivas e preventivas (OHSAS 18001) / 4.5.3 – Não-conformidade, ação corretiva e ação preventiva (NBR ISO 14001);

4.5.2. Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros (NBR ISO 14001);

4.5.3. Registros e gestão de registros (OHSAS 18001) / 4.5.4. Controle de registros (NBR ISO 14000);

4.5.4. Auditoria (OHSAS 18001) / 4.5.5. Auditoria interna (NBR ISO 14001);

Agir:

4.6. Análise crítica pela administração (OHSAS 18001) / Análise pela administração (NBR ISO 14001);

O PSM da OSHA e a norma API 750, por referirem-se a processos onde há o uso, estocagem, produção, manuseio ou movimentação de materiais perigosos, acrescentam maiores detalhes quanto aos métodos a serem utilizados na gestão de SMS. Seus itens não estão estruturados no PDCA porém, podem ser inseridos nos itens das normas OHSAS 18001 e NBR ISO 14001.

A seguir, são identificados e discutidos os principais elementos específicos das normas de SMS apresentadas.

2.3.1.1 Identificação de perigos (informação de segurança do processo)

A OHSAS 18001, em seu item 4.3.1 Planejamento para identificação de perigos e avaliação de riscos, especifica que a organização deve "estabelecer e manter procedimentos

para a identificação contínua de perigos, a avaliação de riscos e a implementação das medidas de controle necessárias”. A OHSAS considera a identificação de perigos (juntamente com a avaliação de riscos) como a base de todo o sistema da SSO. A OHSAS 18002 afirma a necessidade de haver uma estimativa completa e contínua ao longo do tempo de todos os perigos significativos para a SSO. Neste sentido, a OHSAS 18002 recomenda que “se leve em consideração as operações normais e anormais feitas na organização e as condições potenciais de emergência”. A OHSAS 18002 indica que na identificação de perigos podem ser utilizadas informações já disponíveis tais como: aspectos legais e as entradas e os “resultados associados com suas atividades, processos, produtos e/ou serviços pertinentes, atuais e passados”.

A NBR ISO 14001 determina, em seu item 4.3.1 Aspectos ambientais, que a organização deve “identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços” definidos no escopo de seu sistema de gestão ambiental e aqueles que pode influenciar. As atividades, produtos e serviços mencionados podem já ser existentes, novos ou modificados. A NBR ISO 14001 em sua versão para treinamento, item A.3.1, afirma que a “subseção 4.3.1 visa prover um processo que permita a uma organização identificar os aspectos ambientais significativos, recomendando-se que sejam tratados prioritariamente pelo sistema de gestão ambiental da organização”.

A identificação de perigos deve levar em consideração as entradas e saídas (intencionais ou não) resultantes do processo produtivo. Estas entradas e saídas são configuradas em matéria-prima, atividades, produtos, serviços relevantes presentes, passados, novos, existentes ou modificados. Deve-se também considerar o passivo ambiental dentro e fora das instalações da organização.

O PSM da OSHA determina que deve haver procedimentos escritos referentes às informações de segurança (*process safety information*) antes da realização das análises de risco. Este pré-requisito é fundamental para que todos aqueles envolvidos no processo de produção identifiquem e compreendam os perigos dos produtos químicos altamente perigosos. O PSM requer:

- Informações sobre os perigos dos produtos químicos altamente perigosos (aqui são aplicáveis os FISPQ);
- Informações sobre a tecnologia dos processos;
- Informações sobre os equipamentos dos processos.

Para equipamentos projetados e instalados de acordo com normas ultrapassadas, o PSM requer que haja evidências que os mesmos são mantidos, inspecionados, testados e operados de modo seguro. Deve ser também incluído entre estas evidências, reformas ou reprojeção dos equipamentos.

A API 750, na seção 2 Informação de segurança do processo, requer desenvolvimento e manutenção de procedimentos de informações de segurança do processo para as instalações que aplicam esta norma. A API 750 requer:

- Informações sobre o projeto do processo (*process design information*);
- Informações sobre o projeto mecânico dos equipamentos (*mechanical design information*);
- Procedimentos escritos permitindo que todos aqueles com responsabilidade no processo tenham conhecimento das informações de segurança do processo (*working knowledge*).

2.3.1.2 Avaliação e controle de riscos

A OHSAS 18001, em seu item 4.3.1 Planejamento para identificação de perigos e avaliação e controle de riscos, especifica que a organização deve "estabelecer e manter procedimentos para a identificação contínua de perigos, a avaliação de riscos e a implementação das medidas de controle necessárias". Não há menção a ferramentas de avaliação de riscos. A norma determina que devem ser asseguradas a identificação e classificação dos riscos que podem ser eliminados ou controlados. A OHSAS 18002 informa que:

É recomendado que os processos de identificação de perigos e avaliação de riscos e os seus resultados sejam a base para todo o sistema de SSO. É importante que os inter-relacionamentos entre esses processos e os outros elementos do sistema de gestão de SSO estejam claramente estabelecidos e sejam visíveis.

A OHSAS 18002 recomenda que as medidas de gestão de riscos "reflitam, onde exequível, o princípio da eliminação de perigos, seguida pela redução de riscos (seja pela redução da probabilidade de ocorrência ou da gravidade potencial de lesões ou danos)". Segundo a mesma norma, "os processos de identificação de perigos e avaliação e controle de

riscos variam grandemente de uma indústria para a outra, indo de simples avaliações a complexas análises quantitativas que se utilizam de extensa documentação”. A norma indica que este item seja utilizado próativamente: os processos de identificação de perigos e avaliação e controle de riscos devem ser realizados antes da introdução de procedimentos, instalações e atividades novos ou revisados. Neste processo, as recomendações das avaliações de risco devem ser implementadas antes do início do novo processo ou do processo modificado. A OHSAS 18002 também indica que a identificação de perigos e a avaliação e controle de riscos seja realizada não apenas em operações e procedimentos ditos normais. Atividades não rotineiras (periódicas ou ocasionais) como manutenção, limpeza, partidas e paradas devem sofrer identificação de perigos e avaliação e controle de riscos.

A NBR ISO 14001, em seu item A.3.1 Aspectos Ambientais - versão para treinamento, recomenda que sejam estabelecidos “critérios e um método para determinar aqueles impactos que serão considerados significativos. Não há um método único para que os aspectos ambientais significativos sejam determinados”. A NBR ISO 14001 também cita que os aspectos ambientais significativos devem ser levados em consideração no estabelecimento, implementação e manutenção do sistema de gestão ambiental.

Dennison (1994) entende que a avaliação de riscos do processo (*process hazard analysis – PHA*) é a pedra fundamental do PSM da OSHA. Para o autor, a avaliação e controle de riscos é uma componente chave de uma gestão de segurança dos processos. O PSM determina que deve haver uma avaliação inicial dos riscos do processo e a avaliação dos riscos deve ser apropriada à complexidade do processo avaliado. Os riscos envolvidos incluem o processamento, materiais utilizados, a instalação e operação dos equipamentos e o meio ambiente em que está inserido o processo. Os riscos devem ser avaliados e posteriormente controlados. Deve haver uma priorização da condução da avaliação dos riscos. Esta priorização leva em consideração a magnitude dos riscos do processo, número de trabalhadores potencialmente afetados, idade das instalações e histórico de acidentes, incidentes e desvios. O PSM também indica as ferramentas de avaliação de riscos que podem ser utilizadas de acordo com o tamanho e complexidade do processo, assim como o quanto há de conhecimento sobre o processo. As ferramentas indicadas são: *What-If*, *Check-List*, *What-If/Check-List*, HAZOP (*Hazard and Operability Study*), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), FTA (*Fault Tree Analysis*) ou outra ferramenta apropriada. A avaliação de riscos deve compreender:

- A identificação do histórico de acidentes, incidentes ou desvios com potencial de consequências catastróficas;
- Controles administrativos e de engenharia (exemplo: monitoramento de processo e alarmes e sensores);
- As consequências da falha dos controles administrativos e de engenharia;
- A área onde está localizada a instalação (*facility siting*);
- Fatores humanos;
- Avaliação quantitativa dos potenciais efeitos de segurança e saúde nos trabalhadores da instalação quando da falha dos controles.

Além disso, há indicação quanto à formação das equipes de análise de risco, a periodicidade de tais análises (no mínimo a cada 5 anos) e à sistemática de resolução das recomendações (ações corretivas).

A API 750, seção 3, não cita ferramentas de avaliação de riscos. Há semelhança com o escopo do PSM da OSHA, porém oferece algumas especificidades:

- Método de priorização das análises de riscos: através do índice de perigo da substância ou a quantidade de substâncias tóxicas, inflamáveis ou explosivas, proximidade de áreas populosas ou número de trabalhadores no processo, condições severas de operação (temperatura, pressão, corrosão);
- A avaliação de riscos de novas instalações deve ser realizada antes de sua entrada em funcionamento (*start-up*).
- A frequência das análises de risco é definida entre 3 e 10 anos e deve levar em consideração mudanças na tecnologia ou nas instalações.

2.3.1.3 Gestão de mudanças

Este item não está presente na OHSAS 18001 ou na NBR ISO 14001.

O PSM da OSHA estabelece que deve haver procedimentos escritos para a gestão de mudanças. Segundo Dennison (1994), a gestão de mudanças estabelece procedimentos para pequenas mudanças ou acréscimos em instalações já existentes. Excetua-se da gestão de

mudanças o que se chama de “reposição de mesma natureza” ou “mudança de mesma natureza” (*replacement in kind*). A mudança pode se configurar na tecnologia dos processos (incluir aqui a matéria-prima), equipamentos, procedimentos, instalações e instrumentação. Procedimentos devem ser atualizados e os trabalhadores devem ser treinados após ocorrência de mudanças no processo. Mudanças temporárias devem ser objeto da sistemática de gestão de mudanças e um tempo limite deve ser estipulado. Dennison (1994) entende que deve haver um formulário ou guia de requisição de mudança para facilitar a gestão de mudanças (inclusive para documentar sua aprovação).

A API 750, seção 4, identifica que análises de riscos devem ser consideradas quando da ocorrência de mudanças no processo. A norma identifica dois tipos de mudanças: em tecnologia e instalações. Mudanças em tecnologia incluem, entre outros, mudanças no projeto das instalações. Mudanças em instalações compreendem aquelas realizadas temporariamente ou que não constam do projeto original do equipamento. A API 750 indica que pequenas mudanças devem ser avaliadas para evitar um potencial comprometimento do processo. A API 750 estabelece que na gestão de mudanças deve haver procedimentos escritos para mudanças menores e maiores e que análises de risco devem ser realizadas quando apropriadas. Os efeitos na interface das instalações dos processos a montante e a jusante. São requeridas comunicações ao pessoal quando da ocorrência de mudanças.

A gestão de mudanças, embora não constando como um item específico da OHSAS 18001 ou da NBR ISO 14001, está inserida no item 4.3.1. Planejamento para identificação de perigos e avaliação e controle de riscos da OHSAS 18001 e do item 4.3.1 Aspectos ambientais da NBR ISO 14001. A OHSAS 18002 (Diretrizes para a implementação da OHSAS 18001) estabelece que “é recomendado que tais processos (de identificação, de avaliação e controle de riscos) antecedam a introdução de atividades e procedimentos novos ou revisados”. E ainda: “É recomendado que todas as medidas necessárias para a redução e para o controle dos riscos que forem identificadas sejam implementadas *antes de serem feitas as alterações*” (grifo do Autor). A NBR ISO 14001, em seu item 4.3.1 Aspectos Ambientais (correspondente ao item 4.3.1 da OHSAS 18001), estabelece que “identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços...levando em consideração...as atividades, produtos e serviços *novos ou modificados*” (grifo do Autor). Portanto, nestas duas normas, a gestão de mudanças se encontra inserida na identificação de perigos e avaliação e controle de riscos.

2.3.1.4 Revisões de segurança de pré-partida (Pre-startups safety reviews)

Este item não está presente na OHSAS 18001 ou na NBR ISO 14001.

O PSM da OSHA estabelece que deve haver o que é chamado de “revisões de segurança de pré-partida” para novos empreendimentos e para instalações existentes com modificações significativas. As revisões de pré-partida confirmam que o equipamento está de acordo com as especificações de projeto. Estas revisões devem ser realizadas antes da partida dos equipamentos (DENNISON, 1994).

- Novos empreendimentos: o PSM estabelece a necessidade de realização de análises de risco e Dennison (1994) indica que a avaliação de riscos é importante em relação à segurança, confiabilidade e qualidade das fases de projeto e construção. A avaliação de riscos deve também englobar os procedimentos de pré-partida e início e operação normal;
- Instalações existentes com mudanças significativas: o PSM estabelece que revisões de pré-partida só serão necessárias quando houver mudança nas informações de segurança de processo (ver item Informações de segurança de processo). Mudanças significativas são definidas como aquelas que envolvem partida de instalações paradas e mudanças significativas que necessitam de desligamento (*shutdown*), mudança e partida (DENNISON, 1994).

Dennison (1994) indica que pode haver um único ou procedimentos distintos para gestão de mudanças e revisões de pré-partida. No caso de haver dois procedimentos distintos, é necessária uma referência cruzada entre os mesmos.

A API 750, seção 9 e suas especificações, está contida no PSM da OSHA.

As revisões de segurança de pré-partida, embora não constando como um item específico da OHSAS 18001 ou da NBR ISO 14001, estão inseridas no item 4.3.4 Programas de gestão da SSO, segundo a OHSAS 18002, e no item 4.3.3 Objetivos metas e programas da NBR ISO 14001. A OHSAS 18002 indica que:

Quando forem esperadas alterações ou modificações significativas nas práticas de trabalho, nos equipamentos ou nos materiais, é recomendado que o programa estabeleça novos exercícios de identificação de perigos e avaliação de riscos. É recomendado que o programa de gestão de SSO estabeleça consultas ao pessoal com as mudanças esperadas.

A NBR ISO 14001, em sua versão para treinamento, estipula em seu item A.3.3 Objetivos, metas:

Recomenda-se que o programa inclua, quando apropriado e exequível, considerações de planejamento, projeto, produção, comercialização e estágios da disposição final. Isto pode ser efetuado tanto para as atividades, produtos ou serviços atuais quanto para os futuros. No caso de produtos, podem ser abordados projetos, materiais, processos produtivos, uso e disposição final. Para instalações ou modificações significativas de processos, podem ser abordados o planejamento, projeto, construção, comissionamento, operação e, na ocasião apropriada determinada pela organização, o descomissionamento.

2.3.1.5 Integridade dos equipamentos

Este item não está presente na OHSAS 18001 ou na NBR ISO 14001.

O PSM da OSHA estabelece requisitos para a manutenção da integridade mecânica dos equipamentos de processamento de modo a assegurar se o equipamento foi projetado, instalado e está sendo operado apropriadamente (DENNISON, 1994). Estes equipamentos são listados na norma. O PSM da OSHA possui três principais tópicos relativos ao método de manutenção da integridade mecânica:

- Inspeção e testes nos equipamentos existentes e em utilização;
- Correção de não conformidades levantadas na etapa de inspeção e testes. Estas não conformidades são correlatas aos limites aceitáveis (conforme parágrafo d – Informações de segurança do processo);
- Garantia da qualidade das especificações de projeto para novas instalações e equipamentos;
- Deve haver verificação de conformidade às especificações de projeto na fabricação e instalação. Também requer uma verificação dos materiais e peças de reposição em função de sua aplicação no processo.

A API 750, seção 8, estabelece que equipamentos críticos (também referenciados na norma) sejam projetados, fabricados, instalados e mantidos de modo consistente com as demandas do processo. São mencionados procedimentos de verificação para que a fabricação e instalação do equipamento estejam conforme o projeto e sejam realizados antes do início das operações (*start-up*). Tal qual o PSM da OSHA, a API 750 pede manutenção que inclui

inspeção e testes para os equipamentos existentes assim como para os materiais e peças de reposição. Constam também as ações corretivas para não conformidades surgidas de operações acima de limites aceitáveis. O item 8.4 c aborda a questão da gestão de mudanças em tecnologia e instalações.

A integridade mecânica dos equipamentos, embora não constando como um item específico da OHSAS 18001 ou da NBR ISO 14001, está inserida no item 4.4.6 Controle operacional, subitem d, da OHSAS 18001 e do item 4.4.6 homônimo na NBR ISO 14001. A OHSAS 18001 define que devem ser planejadas as atividades de manutenção e pede o “estabelecimento e manutenção de procedimentos para o projeto de locais de trabalho, processo, instalações, equipamentos...”. A NBR ISO 14001, em sua versão para treinamento, estipula em seu item A.4.6 Controle operacional que as atividades de manutenção sejam conduzidas de modo a controlar ou reduzir os impactos ambientais adversos em instalações com aspectos ambientais significativos.

2.3.1.6 Preparação e atendimento a emergências

A OHSAS 18001, em seu item 4.4.7, Preparação e atendimento a emergências, determina que a organização deve “estabelecer e manter planos e procedimentos para identificar o potencial e atender a incidentes e situações de emergência”. O intuito é a redução e prevenção de lesões e doenças resultantes de acidentes. A norma pede testes dos procedimentos de emergência através de simulados que visam à melhoria contínua da eficácia dos atendimentos. Segundo a OHSAS 18002, os simulados também visam a “testar a eficácia das partes mais críticas do(s) plano(s) de emergência e o processo de planejamento de emergência”. A OHSAS 18002 também menciona a necessidade de equipamentos de emergência apropriados que devem ser testados regularmente para assegurar sua operabilidade.

A NBR ISO 14001 em seu item 4.4.7, Preparação e resposta a emergências, determina que deve haver procedimentos para “identificar potenciais situações de emergência e potenciais acidentes que possam ter impactos sobre o meio ambiente”. A organização deve estar apta a responder aos acidentes envolvendo o meio ambiente (emergências) e prevenir ou mitigar seus impactos ambientais adversos. Deve haver análise periódica dos procedimentos

de emergência e, quando necessário, revisá-los. A necessidade da execução de simulados de forma periódica visa testar tais procedimentos.

O PSM da OSHA determina que haja procedimentos para emergências envolvendo acidentes com produtos químicos altamente perigosos (*releases and spills*). De acordo com Dennison (1994), o planejamento e treinamento em emergências são necessários, pois, mesmo com o melhor planejamento, acidentes podem ocorrer. Um pré-planejamento e treinamento em emergências tornam os funcionários aptos para enfrentar as emergências. Ainda segundo o autor, um plano de emergência deve ter, no mínimo¹⁵:

- Procedimentos de fuga e sinalização de fuga de emergência;
- Procedimentos para trabalhadores que devem ficar no local operando instalações críticas antes de sua evacuação;
- Procedimentos para contagem de todos os trabalhadores após a total evacuação;
- Tarefas médicas e de primeiros-socorros;
- Meios de reportar incêndios e outras emergências;
- Lista de contatos para informações e explicação das tarefas do plano de emergência.

Há a necessidade de um sistema de alerta e simulados.

A API 750, seção 10, estabelece que um plano de ação deve ser estabelecido em função de regulamentos da OSHA envolvendo:

- Planos de prevenção a fogo e planos de emergência para empregados (*employee emergency plans and fire prevention plans*);
- Resposta de emergência a vazamentos perigosos (*hazardous waste operations and emergency response*).

A norma pede um centro de controle de emergências e notificações segundo a lei.

¹⁵ Tradução do autor desta dissertação de mestrado.

2.3.1.7 Práticas seguras de trabalho

A OHSAS 18001, em seu item 4.4.6, determina que a “organização deve identificar aquelas operações e atividades associadas aos riscos identificados, onde as medidas de controle necessitam ser aplicadas”. As atividades e operações críticas devem ser planejadas, inclusive a atividade de manutenção. A OHSAS 18001 não possui um item denominado “práticas seguras de trabalho”. A OHSAS 18002 indica que este item é aplicável para o controle dos riscos operacionais através de medidas de controle. Estas medidas de controle visam ao cumprimento da política e dos requisitos de SSO e para conformidade com requisitos legais e outros requisitos. As medidas envolvem (OHSAS 18002, p. 23):

- Aquisição ou transferência de mercadorias e serviços e uso de recursos externos;
- Tarefas perigosas;
- Materiais perigosos;
- Manutenção de plantas e equipamentos seguros.

No item b “Tarefas perigosas”, a OHSAS 18002, página 23, inclui “sistemas de permissão de trabalho e procedimentos para controle de entrada e saída de pessoas de locais de trabalho perigosos”.

A NBR ISO 14001 também não possui este item mas, seu item 4.4.6 Controle operacional, identifica a necessidade de avaliação dos impactos ambientais significativos. Estes aspectos críticos devem ser objeto de procedimentos de controle para estas atividades, inclusive de manutenção.

O PSM da OSHA não possui este item, mas seu item k pede permissão para trabalhos a quente (*hot work permit*). Permissões para trabalho a quente devem ser emitidas para estes trabalhos no processo ou em sua área de cobertura. Antes do início do trabalho a quente deve-se assegurar que ações foram implementadas para a prevenção de incêndios. A permissão deve constar da data e local onde o trabalho a quente será executado. A permissão deverá ser guardada até o final do trabalho a quente.

A API 750, seção 6, tem a denominação “práticas seguras de trabalho” (*safe work practices*). Nela, é indicado que práticas seguras de trabalho devem ser estabelecidas para a

condução segura da operação, manutenção, mudanças e controle de materiais. As permissões de trabalho devem ser um elemento das práticas seguras de trabalho. Estas práticas envolvem: operação, manutenção e atividades de mudança incluindo especificamente: abertura de dutos e equipamentos de processo, etiquetagem e bloqueio de energia elétrica e mecânica, trabalhos a quente, espaços confinados e uso de guindastes ou equipamentos pesados. O controle de materiais que possam afetar a segurança também é alvo da API 750.

2.3.1.8 Classificação e investigação de acidentes, incidentes, não conformidades e ações corretivas e preventivas

A OHSAS 18001, em seu item 4.5.2, determina que a organização deve tratar e investigar acidentes, incidentes e não-conformidades, assim como:

- a) Adotar medidas para reduzir quaisquer conseqüências oriundas de acidentes, incidentes ou não-conformidades;
- b) Iniciar e concluir ações corretivas e preventivas;
- c) Confirmar a eficácia das ações corretivas e preventivas adotadas.

Para a OHSAS 18002, a função dos pontos acima citados é prevenir a repetição dos acidentes, incidentes e não-conformidades encontrando e dando ação corretiva eficaz para as causas-raiz encontradas. A OHSAS 18002 também especifica que acidentes, incidentes e não-conformidades sejam notificados sistematicamente. Danos à propriedade fazem parte deste escopo. O procedimento deve se aplicar a todos que estejam na organização (funcionários próprios, contratados, visitantes, temporários ou qualquer outra pessoa). Nenhum tipo de coação deve existir para impedir a notificação de acidentes, incidentes e não-conformidades. A OHSAS 18002 define que ação imediata deve ser tomada quando da ocorrência de acidentes, incidentes e não-conformidades. Esta ação imediata compreende notificação, ações ou procedimentos emergenciais e como e quando será feita a investigação. O processo de investigação deve culminar na descoberta das causas-raiz e serem geradas ações corretivas. No caso de incidentes ou não conformidades (acidentes sem perdas), a ação de tratamento do problema se configura como “ação preventiva”. As ações corretivas e preventivas devem ter

sua implementação acompanhada e serem avaliadas quanto à eficácia. Ações eficazes devem ser objeto de abrangência em toda a organização, quando aplicável.

A NBR ISO 14001, em seu item 4.5.3 Não-conformidade, ação corretiva e ação preventiva recomenda, tratar as não-conformidades reais e potenciais provendo ações corretivas e preventivas. Como ação imediata, a NBR ISO 14001 pede para “identificar e corrigir não conformidades e executar ações para mitigar seus impactos ambientais”. Os requisitos restantes da NBR ISO 14001 são semelhantes aos da OHSAS 18001.

O PSM da OSHA requer que haja investigação (até no máximo 48 horas) para evento (indicado como *incident*) que resultou ou com potencial para resultar em um acidente catastrófico (*catastrophic release*) envolvendo produtos químicos altamente perigosos. Deve ser instituída comissão (*team*) para a investigação para descobertas das causas e tomadas medidas para implementar ações corretivas e preventivas. A abrangência com revisão, comunicação e treinamento nas ações do relatório da comissão deve envolver os trabalhadores das atividades impactadas. É necessário guardar os relatórios de investigação por 5 anos para que sejam utilizados na revisão de identificação de perigos, avaliação e controle de riscos (*process hazard analysis*).

A API 750, seção 11, requer, como o PSM da OSHA, que haja investigação de eventos (*incidents*) que resultaram ou poderiam ter resultado um acidente catastrófico (*catastrophic release*). A API também pede que uma comissão seja formada rapidamente (*in a matter of days*). A investigação deve abordar:

- A natureza do acidente (ou incidente / não-conformidade);
- Fatores que contribuíram para o acidente (ou incidente / não conformidade);
- Implementação de recomendações da comissão.

É requerida abrangência através das conclusões da investigação para áreas semelhantes da organização e, em alguns casos, para a indústria que abrange a API 750. Os achados da investigação devem servir como dados para a revisão do processo identificação de perigos, avaliação e controle de riscos (*process hazard analysis*).

2.3.1.9 Auditoria

A OHSAS 18001 no item 4.5.4 Auditoria determina que a organização deve estabelecer auditorias periódicas para:

- Verificar se o sistema de gestão de SSO está em conformidade com requisitos planejados (inclusive a própria OHSAS 18001), está implementado e mantido e é eficaz no atendimento à política e objetivos da organização;
- Analisar criticamente as auditorias anteriores;
- Fornecer resultados sobre as auditorias anteriores.

A OHSAS 18002 recomenda que a alta administração tome ações corretivas em função dos riscos associados às falhas do sistema de gestão de SSO. As auditorias devem basear-se nos resultados das avaliações de riscos e nos resultados das auditorias anteriores. As auditorias devem ter frequência e abrangência em função da avaliação de riscos das instalações e atividades. A OHSAS 18002 também indica que podem ser necessárias auditorias não planejadas em função da ocorrência de acidentes ou outra situação grave.

A NBR ISO 14001, no item 4.5.5 Auditoria interna, especifica a função das auditorias internas no sistema de gestão ambiental. Estas funções são compatíveis com o requisito 4.5.4 da OHSAS 18001. Aqui também, é indicado que o planejamento das auditorias internas deve se basear “levando-se em consideração a importância ambiental da(s) operação(ões) pertinente(s) e os resultados das auditorias anteriores”.

O PSM da OSHA pede auditorias pelo menos a cada 3 anos para verificar conformidade com a norma. Deve haver relatório com responsabilidades definidas pelas ações corretivas e documentá-las. As auditorias requerem informações sobre pontos positivos e negativos do sistema de gestão (DENNISON, 1994). O PSM também requer que pelo menos uma pessoa com conhecimento no processo de fabricação esteja na equipe de auditores. Dennison (1994) também indica a necessidade de uma lista de verificação como ajuda para as auditorias.

A API 750, seção 12, requer uma auditoria dos sistemas de gestão dos perigos do processo (*audit of process hazards management systems*). É indicado que a organização deve realizar periodicamente auditorias para verificar sua conformidade com a norma. A API 750 pede que a equipe seja composta de uma ou mais pessoas com conhecimento no processo de produção. É sugerido um intervalo entre auditorias de 3 a 5 anos. Um relatório com não conformidades deve ser entregue à gerência da instalação que deve levar a cabo ações corretivas.

2.3.1.10 Demais elementos

Complementarmente aos elementos principais e específicos do sistema de gestão de SMS, são apresentados aqui os demais elementos comuns às demais normas de sistemas de gestão.

OHSAS 18001:

Etapa de planejamento (*Plan*):

- Requisitos legais e outros requisitos;
- Objetivos;

Etapa de implementação e operação (*Do*)

- Estrutura e responsabilidades;
- Treinamento, conscientização e competência;
- Consulta e comunicação;
- Documentação;
- Controle de documentos e dados;

Etapa de verificação e ação corretiva (*Check*)

- a. Monitoramento e medição do desempenho;
- b. Registro e gestão de registros;

Etapa de análise crítica (*Act*)

- a. Análise crítica pela administração.

NBR ISO 14001:

Etapa de planejamento (*Plan*):

- Requisitos legais e outros;
- Objetivos, metas e programa(s);

Etapa de implementação e operação (*Do*)

- a. Recursos, funções, responsabilidades e autoridades;
- b. Competência, treinamento e conscientização;
- c. Comunicação;
- d. Documentação;
- e. Controle de documentos;

Etapa de verificação e ação corretiva (*Check*)

- a. Monitoramento e medição;
- b. Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros;
- c. Controle de registros;

Etapa de análise crítica (*Act*)

- a. Análise pela administração;

Process Safety Management (PSM) da OSHA:

Etapa de planejamento (*Plan*):

Participação dos empregados;

Etapa de implementação e operação (*Do*)

- a. Procedimentos operacionais;
- b. Treinamento;
- c. Contratados (*contractors*);
- d. Segurança da informação (*trade secrets*).

API 750:

Etapa de implementação e operação (*Do*)

- a. Procedimentos operacionais;
- b. Treinamento.

2.4 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 2

Neste capítulo, procurou-se entender o método Seis Sigma através dos ciclos DMAIC e DMADV integrados ao ciclo completo da gestão representado pela Trilogia de Juran. Também foram analisados os elementos principais do sistema de gestão de SMS contidos nas normas OHSAS 18001, NBR ISO 14001, PSM da OSHA e API 750. Desta forma, foram alcançados os objetivos intermediários estabelecidos no capítulo 1, item 2.2, alíneas a e b.

O estudo realizado fornece as bases para uma síntese destes dois sistemas de gestão. Esta síntese incorpora os elementos principais do sistema de gestão de SMS na estrutura do Seis Sigma.

Na literatura levantada, Keren et Al corroboram esta visão através de correlação entre os elementos do PSM da OSHA e as etapas do DMAIC e DMADV. Os autores chegam à

conclusão que o método Seis Sigma e os elementos do PSM da OSHA são compatíveis, sinalizando uma aplicação do Seis Sigma na gestão de SMS. Complementarmente, autores como Rancour (2000) e Revelle (2004) desenvolvem proposta de aplicação do Seis Sigma e suas ferramentas na resolução de problemas nas áreas de segurança e saúde do trabalho.

O capítulo 3 desta dissertação se propõe à realização da síntese entre o método Seis Sigma e o método de gestão de SMS através de uma proposta de mapa de percurso (*road map*).

3. PROPOSTA DE ROAD MAP DO MÉTODO SEIS SIGMA INTEGRADO À GESTÃO DA SEGURANÇA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE

Este capítulo estabelece uma proposta de mapa de percurso (*road map*) para a aplicação do método Seis Sigma na gestão da segurança, meio ambiente e saúde. Esta proposta está baseada no estudo realizado no capítulo 2, nos autores citados neste capítulo, em padrões Petrobras e na experiência profissional. O *road map* proposto é composto pelos seguintes sub-processos:

- Desenvolvimento de novos processos, produtos e serviços (DMADV);
- Controle de processos, produtos e serviços (SDCA);
- Melhoria de processos, produtos e serviços (DMAIC);
- Gestão de Mudanças (PDCA de Mudanças).

Os processos do *road map* estão divididos em etapas e sub-etapas onde são elencadas, de modo não exaustivo, ferramentas básicas do Seis Sigma e de SMS. Os processos são apresentados graficamente por um macro-fluxo e sua tabela correspondente para cada uma das etapas. Para facilitar a leitura deste capítulo, apenas são apresentadas as primeiras etapas de cada um dos processos (por exemplo, a etapa *Define* do DMAIC). O *road map* completo está apresentado no Apêndice 1.

3.1 O ROAD MAP

O método Seis Sigma foi concebido na indústria (Motorola) e, como tal, teve como objetivo resolver problemas operacionais, porém de forma científica e estruturada. Para tanto, foi estabelecido inicialmente o DMAIC, que é um método de resolução de problemas para processos, produtos e serviços existentes. Este método é estruturado tendo como base o passo-a-passo do ciclo PDCA acrescido de sugestões de utilização de ferramentas estatísticas em cada uma de suas etapas. Este passo-a-passo é fundamental para fornecer um caminho testado para identificação, caracterização, análise e ações de melhoria em projetos de melhoria.

Cain (2005) identifica o próprio DMAIC como o *road map* Seis Sigma. No entanto, o *road map* proposto neste capítulo tem dois níveis: o *road map* de cada sub-processo (DMADV, SDCA, DMAIC e PDCA de Mudanças – nível detalhado) e o *road map* do processo gerado pela integração destes sub-processos (*road map* de nível superior). O *road map* de nível superior utiliza como base a Trilogia de Juran.

É importante lembrar que há uma variação entre os autores na caracterização dos sub-processos como, por exemplo, o DMAIC. Portanto, a construção da proposta desta dissertação utilizou pesquisa, triagem, escolha e adaptação dos modelos da literatura colhida. Constatam também no resultado obtido, a experiência profissional em projetos Seis Sigma e na gestão de SMS. A Figura 15 apresenta a proposta de *road map* de nível superior desta dissertação para a integração do método Seis Sigma ao método de gestão de SMS. O Apêndice A apresenta *road map* proposto no nível detalhado para cada sub-processo.

No Apêndice A, os sub-processos que compõem o *road map* no nível detalhado estão representados em forma de macro-fluxos e tabelas. Os sub-processos (DMADV, DMAIC, SDCA e PDCA de Mudanças) são desdobrados em etapas. De modo geral, para cada etapa do sub-processo corresponde um macro-fluxo e sua tabela correspondente. As etapas são representadas pelas letras que nomeiam cada sub-processo (por exemplo, a letra D da etapa *Define* do DMAIC). As etapas, por sua vez, são divididas em sub-etapas. Cada sub-etapa corresponde a uma atividade do sub-processo. Existem também correlações entre as várias etapas dos sub-processos (ver Figura 15). As tabelas-etapa apresentam, para cada sub-etapa, as atividades e as ferramentas Seis Sigma e de SMS aplicáveis, assim como o produto de cada atividade.

É importante salientar que os macro-fluxos e as etapas e sub-etapas que configuram o *road map* proposto não devem ter um uso linear. Embora exista um encadeamento lógico das etapas e sub-etapas, muitas vezes é necessário voltar atrás para verificar dados que precisam ser melhor analisados. Outras vezes, pode-se trabalhar simultaneamente em sub-etapas de diferentes etapas dependendo da disponibilidade dos recursos do projeto e das idas e vindas que a análise do problema muitas vezes requer. A resolução de problemas assim como o pensamento crítico não são lineares. Como lembra Pizdek (2003, p. 17):

[...] existe usualmente um movimento considerável de idas e vindas entre as fases (etapas) à medida que o projeto progride e mesmo pode-se esperar que uma etapa já vencida deve ser mantida em aberto. Ainda assim, o DMAIC serve o objetivo de prover um contexto para uma ferramenta específica e uma estrutura para o processo de mudança.

O leitor deve entender este *road map* como um roteiro, um mapa de percurso testado para uma viagem de descobrimento. Este roteiro deve auxiliar a experiência e a argúcia do viajante nesta descoberta, nunca limitar suas idéias.

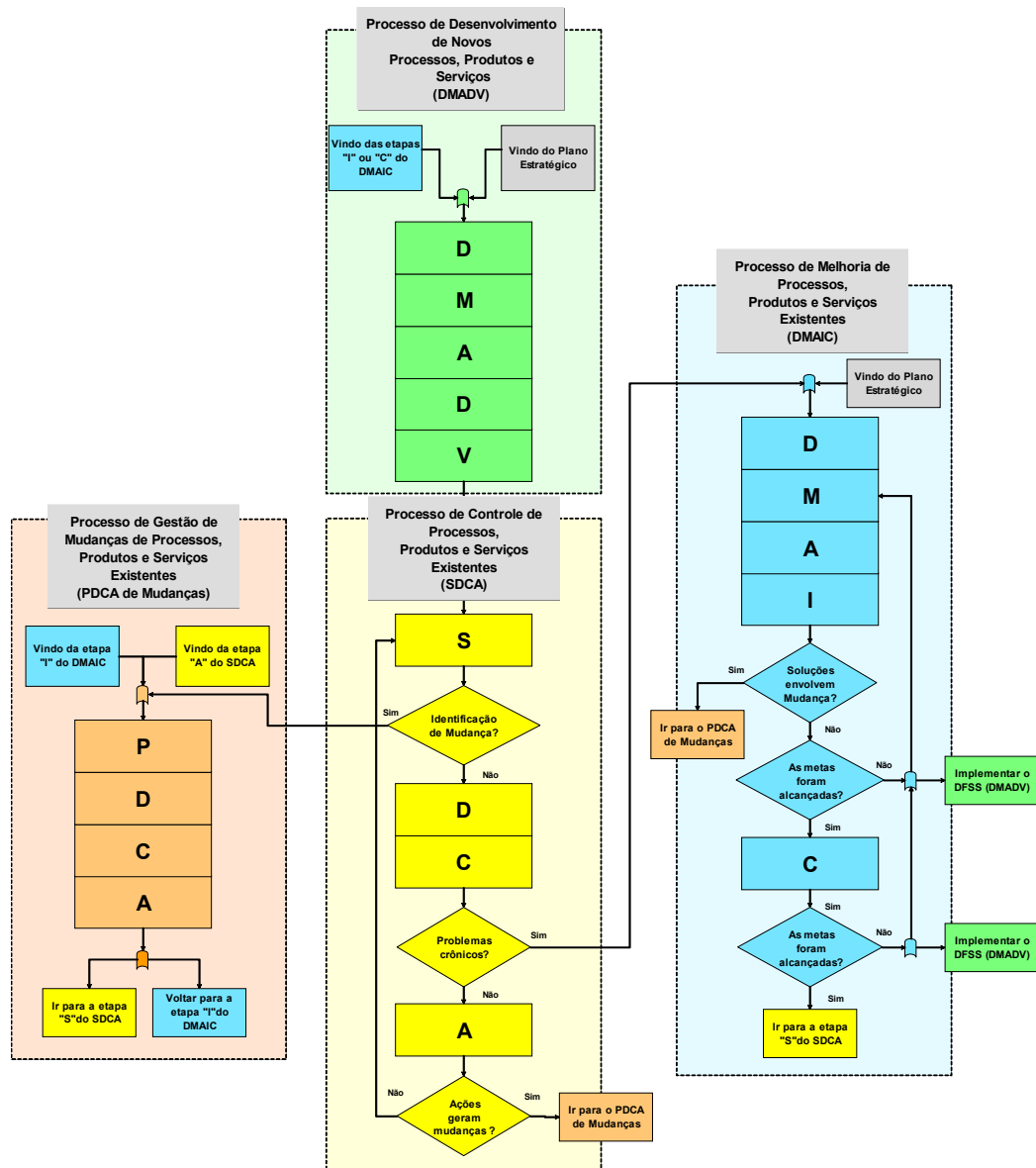


Figura 15: O *road map* do método Seis Sigma integrado ao método de gestão de SMS.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.2 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO: DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS (PLANEJAMENTO TÁTICO) (DMADV)

Segundo Ginn, Streibel e Varner (2004), o método DMADV, apresentado na Figura 15, é definido, em termos gerais, nas seguintes etapas:

D - *Define* (Definir):

- Desenvolver uma definição clara do projeto;
- Desenvolver planos de gerenciamento de riscos e mudanças organizacionais e plano do projeto;

M – *Measure* (Medir):

- Coletar dados da Voz do Cliente (VOC);
- Traduzir o VOC em CTQs (*Critical To Quality*);
- Identificar as CTQs mais importantes;
- Revisar o plano de gerenciamento de riscos;
- Se necessário, desenvolver um plano de projeto multi-estágio;

A – *Analyse* (Analisar):

- Gerar, avaliar e selecionar o conceito que melhor atende às CTQs dentro das restrições de custo e outros recursos;

D – *Design* (Projetar):

- Desenvolver o projeto básico e de detalhamento;
- Testar os componentes do projeto;
- Preparar para desdobramento do projeto em piloto e em larga escala;

V – *Verify* (Verificar):

- Conduzir teste em piloto e retirar problemas do protótipo;
- Implementar o projeto;
- Transferir a responsabilidade para as pessoas apropriadas;
- Dissolver a equipe.

A Figura 16 apresenta a etapa *Define* do DMADV e suas cinco sub-etapas. A Tabela 1 desdobra as sub-etapas (atividades) apresentando as ferramentas Seis Sigma recomendadas em cada uma delas.

A etapa *Define* estabelece, desde o início do projeto, a formalização e o planejamento necessários para ajudar a equipe do projeto a enfrentar a implementação do novo

empreendimento. Seu principal produto é o Plano do Projeto que engloba os Planos de Mudanças Organizacionais e o Plano de Gerenciamento de Riscos do Projeto.

O método DMADV foi adaptado de Ginn;Streibel;Varner (2004) e de padrões Petrobras, encontra-se em sua versão completa no Apêndice 1.

3.2.1 A etapa “Define”

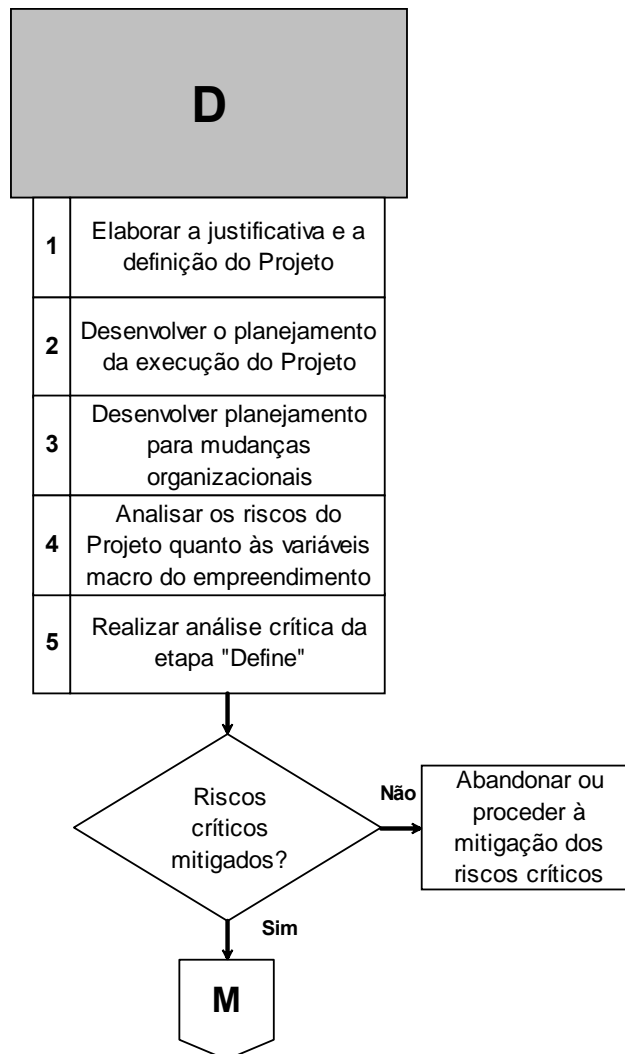


Figura 16: Etapa *Define* do DMADV

Fonte: Adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004.

Tabela 1: Etapa *Define* do DMADV

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Define	1	Elaborar a justificativa e a definição do Projeto	Project Charter	-	Protocolo entre o líder do Projeto e seu patrocinador sobre aquilo que é esperado do empreendimento.
	2	Desenvolver o planejamento da execução do Projeto	Plano do Projeto	-	Plano do Projeto com descrição detalhada dos prazos e responsáveis para cada ação e os marcos do Projeto.
	3	Desenvolver planejamento para mudanças organizacionais	Plano de Mudanças Organizacionais	-	Plano de Mudanças Organizacionais visando preparar a organização para suportar o Projeto. Inclui auditorias e Planos de Comunicação da Mudança. Obs: O Plano de Mudanças Organizacionais e o Plano de Gerenciamento de Riscos pertencem ao Plano do Projeto.
	4	Analisar os riscos do Projeto quanto às variáveis macro do empreendimento	Plano de Gerenciamento de Riscos do Projeto (com Matriz de Riscos)	-	.Identificação dos riscos macro para o empreendimento; .Lista de recomendações.; .Plano de ação para implementar as recomendações
	5	Realizar análise crítica da etapa "Define"	Lista de Verificação de revisão do portão	-	.Ajuste à estratégia da empresa; .Viabilidade técnica; .Potenciais impedimentos legais, ambientais e tecnológicos; .Reação dos stakeholders; .Mitigação dos riscos críticos; .Decisão de abandonar ou não o projeto.

Fonte: Adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004.

3.3 O PROCESSO DE MELHORIA DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (DMAIC)

Segundo Werkema (2004), o método DMAIC é composto de 5 etapas.

D - *Define* (Definir):

Definir com precisão o escopo do projeto;

M – *Measure* (Medir):

Determinar a localização ou foco do problema;

A – *Analyse* (Analisar):

Determinar as causas de cada problema prioritário;

I – *Improve* (Melhorar):

Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;

C – *Control* (Controlar):

Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

A Figura 17 apresenta a etapa *Define* do DMAIC e suas nove sub-etapas. A Tabela 2 desdobra estas sub-etapas apresentando as ferramentas Seis Sigma e de SMS recomendadas em cada uma delas.

A etapa *Define* estabelece, desde o início do projeto, a formalização e o planejamento necessários para ajudar a equipe do projeto a ter um conhecimento inicial do problema. Nesta etapa, a avaliação dos dados históricos, a definição da meta a ser alcançada, o conhecimento do macro-processo gerador do problema, a identificação dos clientes e a tradução das suas necessidades nas CTQs estabelecem a base para o posterior aprofundamento do conhecimento do problema. Este conhecimento será a linha de base à qual a equipe fará referência ao longo de todo o projeto.

Este processo foi adaptado principalmente de Werkema (2004) e de padrões Petrobras. Foram aplicados também Aguiar (2002), Rath;Strong (2006), Pyzdek (2003) e Ginn;Streibel;Varner (2004). O processo completo encontra-se no Apêndice 1.

3.3.1 A etapa “Define”

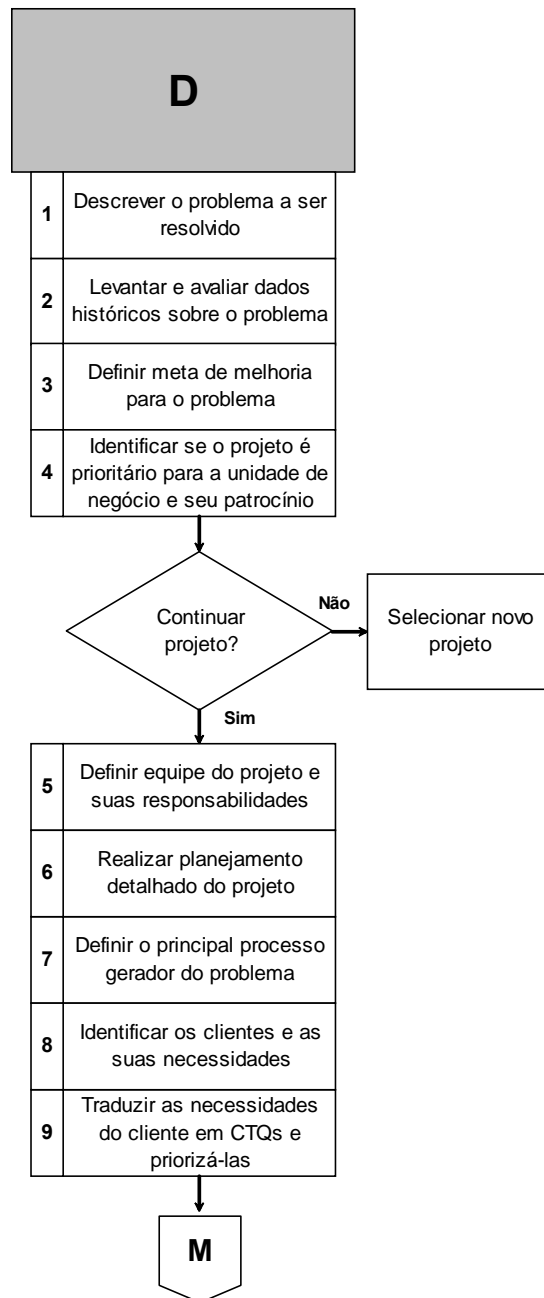


Figura 17: Etapa *Verify* do DMAIC

Fonte: Adaptado de Werkema,2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar,2002.

Tabela 2: Etapa *Define* do DMAIC

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Define	1	Descrever o problema a ser resolvido	.Mapa de Raciocínio (manter atualizado durante todas as etapas do DMAIC); .Project Charter.	-	.Esclarecimento sobre o problema a ser resolvido.
	2	Levantar e avaliar dados históricos sobre o problema	.Gráfico Sequencial; .Carta de Controle; .Análise de Séries Temporais; .Project Charter.	-	.Levantamento de dados quantitativos sobre o problema e avaliar as medidas históricas de posição e variabilidade.
	3	Definir meta de melhoria para o problema	.Project Charter.	-	.Estabelecimento de meta de melhoria em função dos dados históricos do problema.
	4	Identificar se o projeto é prioritário para a unidade de negócio e se será patrocinado pelos gestores envolvidos.	.Project Charter.	-	.Decisão sobre a continuidade do projeto; .Lista dos patrocinadores.
	5	Definir a equipe do projeto e suas responsabilidades.	.Project Charter.	-	.Lista dos participantes do projeto e responsabilidades.
	6	Realizar planejamento detalhado do projeto	.Plano do Projeto; .Plano de Mudança Organizacional; .Plano de Gerenciamento de Riscos do Projeto; .Project Charter.	-	. Plano do Projeto: cronograma preliminar; . Plano de Mudança Organizacional: analisar se os stakeholders estão preparados para suportar o projeto e plano de comunicação da mudança; . Plano de Gerenciamento de Riscos: levantar os riscos de insucesso do projeto e plano de remediação. . Obs: O Plano de Mudanças Organizacionais e o Plano de Gerenciamento de Riscos pertencem ao Plano do Projeto.
	8	Definir o principal processo gerador do problema	.SIPOC; .Mapa do Processo.	-	.Mapa macro do processo gerador do problema (SIPOC); .Mapa detalhado do processo gerador do problema (Mapa do Processo).
	9	Identificar os clientes e as suas necessidades	.Voz do Cliente (VOC); .Fontes reativas: .Reclamações do cliente; .Fontes pró-ativas: .Entrevistas; .Grupos foco; .Visitas técnicas; .Tabela VOC; .Diagrama de afinidades; .Modelo Kano	.Registros de acidentes, incidentes e desvios; .Resultados de Auditorias de SMS; .Procedimentos operacionais da área; .Legislação aplicável; .Indicadores de SMS; .Análise de riscos da tarefa e das instalações e equipamentos; .PPRA/PCMSO.	.Lista dos clientes internos e externos do processo; .Ouvir os clientes sobre quais são as suas necessidades em relação ao produto; .Lista das necessidades dos clientes.
	10	Traduzir as necessidades do cliente em CTQs e priorizá-las	.Árvore de CTQs	-	.Lista das CTQs priorizadas para o produto ou serviço

Fonte: Adaptado de Werkema, 2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar, 2002.

3.4 O PROCESSO DE CONTROLE DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (SDCA)

O objetivo do ciclo SDCA é gerir a rotina do dia-a-dia obtendo a manutenção da qualidade e desta forma obtendo previsibilidade nas metas padrão e métodos padrão previamente especificados. Isto leva à previsibilidade dos processos e à conformidade dos produtos de acordo com as necessidades dos clientes, dos acionistas, dos empregados ou da comunidade (AGUIAR, 2002).

A premissa para a utilização do ciclo SDCA é que a meta e o método de execução já estejam definidos previamente, ou seja, já existe o que Campos (1996) denomina de uma “diretriz”: meta mais método para atingi-la. A definição das metas pode provir de exigências legais ou de necessidades oriundas dos clientes, dos acionistas, dos empregados ou da comunidade. O método definido para atingir tais metas são os procedimentos documentados de toda a organização. Estes procedimentos são métodos bem sucedidos que foram testados anteriormente (dentro ou fora da organização, recentes ou antigos) através de um giro do ciclo PDCA de melhorias. Tais procedimentos fazem parte de qualquer etapa do processo: sejam eles gerenciais, de projeto, de processo ou de operação. As etapas do ciclo SDCA são detalhadas a seguir, segundo Campos (1995, 2004), Werkema (1996) e Aguiar (2002). A figura 18 apresenta em forma de fluxograma as etapas do ciclo SDCA.

O ciclo PDCA para manutenção dos resultados (SDCA), como apresentado na figura 18, faz parte do gerenciamento da rotina do dia-a-dia. Suas etapas foram adaptadas de acordo com Campos (1996, 2004), Aguiar (2002) e Werkema (1995).

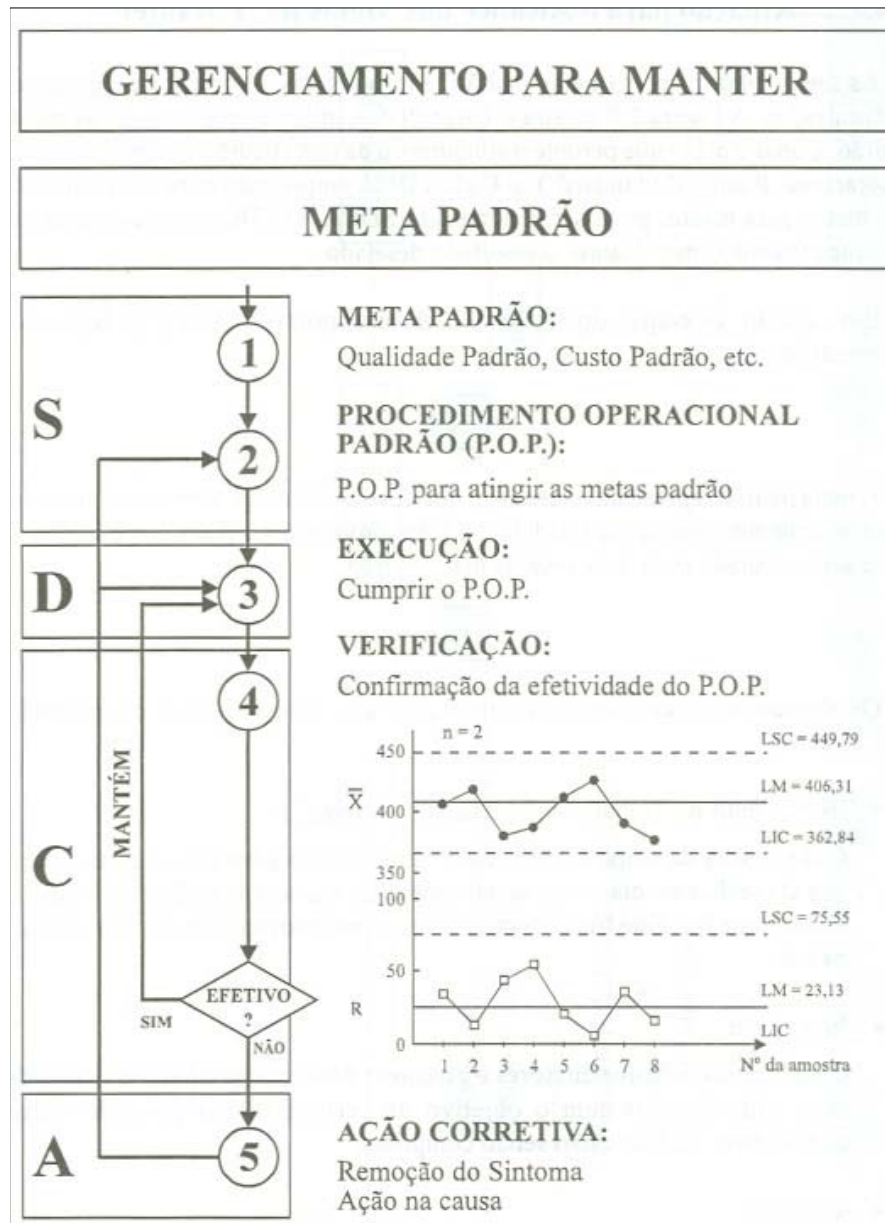


Figura 18: O ciclo SDCA de manutenção das metas

Fonte: Campos *apud* Werkema, 1995, p.35.

Etapas do ciclo SDCA para a manutenção da qualidade:

1) Sustain (existência de meta e método padrão): sistema de padronização.

1.1) Meta padrão do item de controle / verificação documentada:

Especificação quantitativa expressa na forma de um Limite Superior de Especificação (LSE) e um Limite Inferior de Especificação (LIE);

Especificação qualitativa expressa na forma de atributos aceitáveis e não aceitáveis;

1.2) Método padrão:

Na forma de procedimento documentado: gerencial, de projeto, de processo, de manutenção, de operação, de inspeção;

2) Do (Execução): sistema de treinamento, supervisão, levantamento de dados e auditoria no trabalho.

2.1) Treinamento:

No trabalho (“*On the job training*”) executado pela chefia direta com foco nos procedimentos padrão (inclusive a alta administração tais como diretores e gerentes);

2.2) Supervisão:

Da execução dos procedimentos padrão para verificar seu cumprimento pela chefia direta (inclusive a alta administração tais como diretores e gerentes);

2.3) Levantamento de dados:

Para avaliação se a meta/especificação (itens de verificação e controle) está sendo alcançada;

2.4) Auditoria (relativa ao método):

Para avaliação se o método (procedimento padrão) está sendo cumprido.

Ações realizadas durante a auditoria:

- a) Relato da não conformidade pelo auditor;
- b) Remoção da não conformidade o mais rapidamente possível pelo executante ou pela chefia direta;

3) Check (Verificação): sistema de monitoramento da meta padrão.

3.1) Monitoramento da meta padrão:

Nesta etapa é avaliada se a meta/especificação foi ou não alcançada.

4) Action (Atuação corretiva): sistema de tratamento de não conformidades.

4.1) Em relação à meta padrão:

Caso a meta padrão tenha sido alcançada:

- a) Continuar com o método proposto: procedimento padrão não sofre revisão;
- b) Não é registrada não conformidade;

Caso a meta padrão não tenha sido alcançada: iniciar o tratamento da não

conformidade:

- a) Execução de ações imediatas pelos executantes;
- b) Relato da não conformidade pelos executantes da tarefa à chefia direta;
- c) Análise da não conformidade pela chefia direta com o executante;
- d) Contramedidas sobre a causa imediata pela chefia direta;
- e) Emissão do relatório de não conformidades;
- f) Revisão diária do relatório de não conformidades pelo gerente;
- g) Contramedidas adicionais pelo gerente;
- h) Identificação periódica das não conformidades sistêmicas e críticas.

4.2) Em relação ao método padrão:

- a) Análise da não conformidade pela chefia direta com o executante;
- b) Contramedidas sobre a causa imediata pela chefia direta;
- c) Emissão do relatório de não conformidades;
- d) Revisão periódica do relatório de não conformidades pelo gerente;
- e) Contramedidas adicionais pelo gerente;
- f) Identificação periódica das não conformidades sistêmicas e críticas.

A Figura 19 apresenta a etapa *Sustain* do SDCA e suas duas sub-etapas. A Tabela 3 desdobra estas sub-etapas apresentando as ferramentas Seis Sigma e de SMS recomendadas em cada uma delas.

A etapa *Sustain* é também denominada “Processo Seguro” pois nela estão estabelecidas as metas e especificações para o processo. As especificações para um processo seguro incluem a identificação dos perigos e riscos de tarefas e equipamentos, assim como a identificação de mudanças em tarefas. As metas e especificações devem ser suportadas por padrões testados e aprovados para as tarefas e instalações atuarem em segurança. É importante salientar que a etapa de Processo Seguro fornece as diretrizes para a gestão da rotina da organização.

Este processo foi adaptado das Normas de Gestão em SMS OHSAS 18001, NBR ISO 14001, *Process Safety Management* (PSM) da OSHA, API 750 e padrões Petrobras. A estrutura do SDCA foi adaptada de Campos (1996), Werkema (1995) e Aguiar (2002). Sua versão completa encontra-se no Apêndice A.

3.4.1 A etapa de Processo Seguro (*Sustain*)

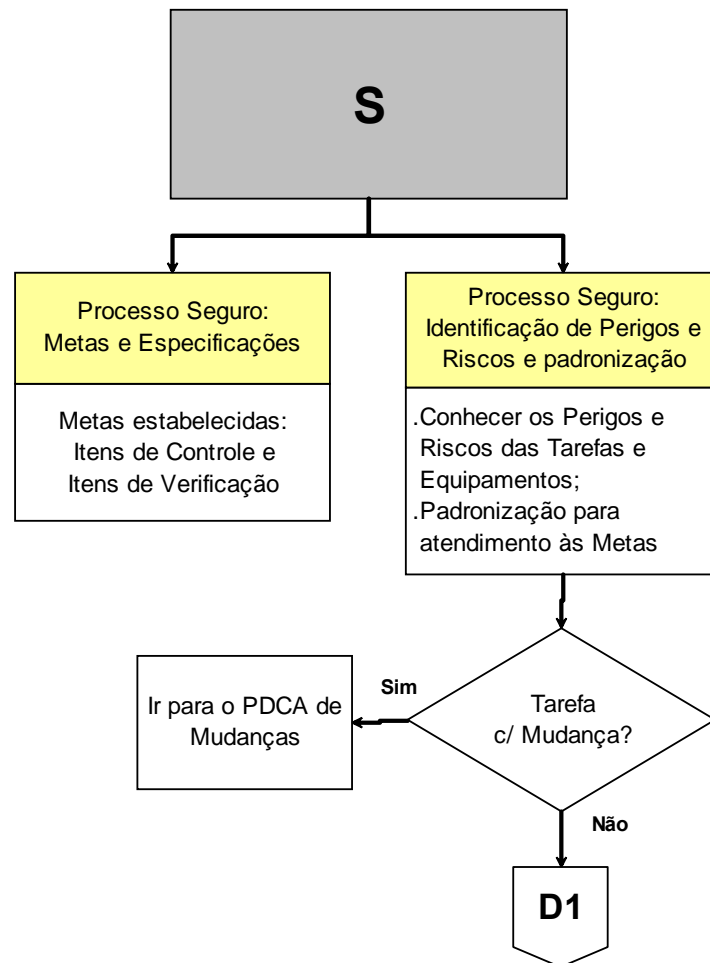


Figura 19: Etapa de Processo Seguro (*Sustain*) do SDCA

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Tabela 3: Etapa de Processo Seguro (*Sustain*) do SDCA

Etapas	Sub-etapas	Atividades		Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade
S: Processo Seguro	1	<p>Processo Seguro:</p> <p>Metas</p>	<p>Metas:</p> <p>Itens de Controle (produto) e Itens de Verificação (processo)</p>	<p>Itens de Controle:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Indicadores de Resultado para a gestão de SMS; .Itens de Controle das saídas do processo (produtos e sub-produtos); <p>Itens de Verificação:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Indicadores de Processo para a gestão de SMS; .Itens de Verificação para o processo (6Ms). 	.Benchmarking.	<p>.Itens de Controle e Verificação estabelecidos para atingir a excelência em SMS.</p> <p>Obs: A meta para a taxa de acidentes é zero.</p>
	2	<p>Processo Seguro:</p> <p>.Identificação dos Perigos e Riscos das Tarefas e Equipamentos; .Medidas de Controle; .Padronização.</p>	<p>Conhecer os Perigos e Riscos das Tarefas e Equipamentos;</p> <p>Padronização das Medidas de Controle;</p> <p>Padrões para atendimento às Metas e Especificações.</p>	<p>1) Identificação dos Processos Críticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Mapa do(s) Processo(s); .Relação dos Equipamentos e Tarefas críticas com classificação de riscos. <p>2) Tarefas:</p> <p>a) Rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Padrão de Execução da Tarefa com APR da Tarefa; .Lista de Verificação. <p>b) Não rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Padrão de Execução da Tarefa com APR da Tarefa; <p>Em intervenções:</p> <ul style="list-style-type: none"> .PT / APN-1 / APN-2; .Lista de Verificação. <p>c) Não rotineiras e com riscos toleráveis em intervenções:</p> <ul style="list-style-type: none"> .PT / APN-1 / APN-2; .Lista de Verificação. <p>3) Equipamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> APR, HAZOP e FMEA. <p>4) PPR/PCMSO.</p> <p>5) Outros padrões:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Padrões Gerenciais (PG); .Padrões de Processo (PP); .Especificações Técnicas (ET); .Normas Técnicas Petrobras; <p>6) Outras ferramentas:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Legislação aplicável; .Histórico de acidentes, incidentes e desvios; .Alertas de SMS; .FISPQ; .Sinalizações de SMS. 	<p>.Passagem de turno/leitura do livro de troca de turno;</p> <p>.Utilização dos 5 sentidos;</p> <p>.Conversa com as pessoas;</p> <p>.Benchmarking;</p> <p>.Estabelecimento de Medidas de Controle para Tarefas e Equipamentos;</p> <p>.Cartas de Controle.</p>	<p>.Identificar os perigos e riscos de contato, exposição ou situação perigosa envolvendo agentes mecânicos, físicos, químicos, biológicos e ergonômicos;</p> <p>.Medidas de Controle</p> <p>.Processo (6Ms) documentado com os melhores padrões da indústria para atingir as Metas e Especificações estabelecidas para atingir a excelência em SMS.</p>
	3	<p>Processo Seguro:</p> <p>Identificação de Mudanças</p>	<p>Identificar se a tarefa a ser realizada envolve Mudança no processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Máquina; .Mão de Obra; .Método; .Medição; .Matéria-prima; .Meio Ambiente. 	<p>Mudanças envolvem modificações em:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Instalações e Equipamentos; .Tecnologia (inclui padrões); .Pessoas. <p>Pessoas:</p> <ul style="list-style-type: none"> .GIM. <p>Tarefas padronizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> .GIM. <p>Tarefas não padronizadas: (Intervenções)</p> <ul style="list-style-type: none"> .APN-1 (para emissão de PT); .GIM. 	-	<p>.Identificar preventivamente se há Mudança antes da execução de determinadas tarefas;</p> <p>.Se caracterizada Mudança, encaminhar para o PDCA de Mudanças.</p>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.5 O PROCESSO DE GESTÃO DE MUDANÇAS EM PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (PDCA DE MUDANÇAS)

O PDCA de Mudanças divide-se nas seguintes etapas:

P – Planejamento: onde é identificada, analisada e gerado um plano de ação para a implementação da mudança;

D – Execução: onde é executado o plano de ação para a implementação da mudança;

C – Verificação: onde são avaliadas a implementação da mudança em função das especificações geradas no planejamento e a sua eficácia;

A – Ação Corretiva: onde são realizadas ações corretivas antes da partida da instalação e sua transferência para a operação.

A Figura 20 apresenta o PDCA de Mudanças e suas etapas. A Tabela 4 desdobra a etapa “Planejamento” em suas três sub-etapas: identificação, análise e plano de ação para a execução da mudança. Nestas sub-etapas, são apresentadas as ferramentas Seis Sigma e de SMS recomendadas em cada uma delas.

A etapa de Planejamento faz uso de duas ferramentas de SMS: o GIM e o FAM. O GIM (Guia de Identificação da Mudança) é uma lista de verificação que identifica se a tarefa a ser realizada gera mudança no processo. O FAM (Formulário de Análise de Mudança) é uma lista de verificação que analisa os riscos envolvidos na implementação da mudança. O FAM também incorpora um plano de ação com recomendações a serem implementadas para mitigação de riscos envolvidos na mudança.

Este processo foi adaptado das Normas de Gestão em SMS *Process Safety Management* (PSM) da OSHA, API 750 e padrões Petrobras. Sua versão completa encontra-se no Apêndice A.

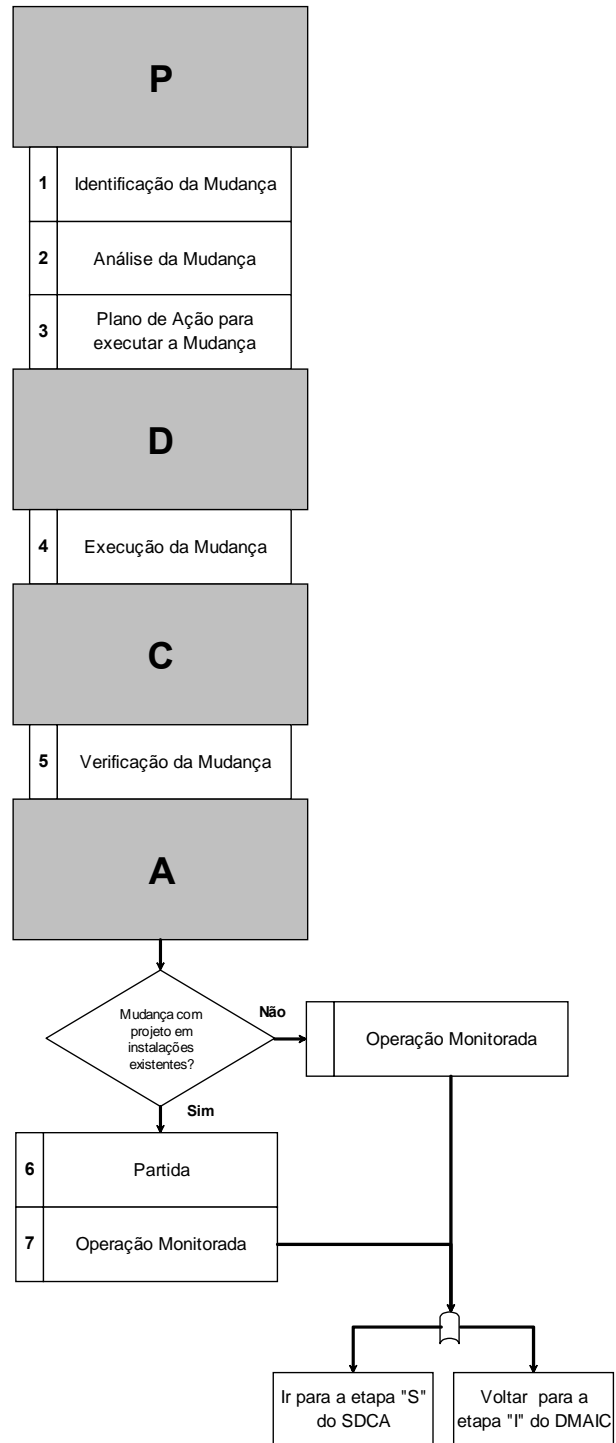


Figura 20: O PDCA de Mudanças
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.5.1 A etapa de Planejamento (*Plan*)

Tabela 4: Etapa de Planejamento (*Plan*) do PDCA de Mudanças

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas da Gestão da Rotina	Produtos da atividade
P: Planejamento	1	Identificação de Mudanças Identificar se a tarefa a ser realizada envolve Mudança no processo: .Máquina; .Mão de Obra; .Método; .Medição; .Matéria-prima; .Meio Ambiente.	Mudanças envolvem modificações em: .Instalações e Equipamentos; .Tecnologia (inclui procedimentos operacionais); .Pessoas. a) Tarefas Rotineiras e Instalações, Equipamentos e Tecnologia (Especificações e Padrões): .GIM. b) Pessoas: .GIM. c) Tarefas Não Rotineiras: (Intervenções) .APN-1 (para emissão de PT); .GIM.	.Melhoria Contínua do Sistema de Gestão através das Normas aplicáveis (OHSAS 18001, ISO 14001); .Plano de Sugestões (novas idéias para melhoria); .Manutenção Corretiva e Preventiva.	.Identificar preventivamente se há Mudança antes das melhorias; .Se caracterizada Mudança, ir para a Etapa 2.
	2	Análise da Mudança .Conhecer as necessidades dos clientes / stakeholders; .Avaliar os riscos da Mudança; .Gerar recomendações.	.FAM (Lista de Verificação: itens a serem analisados); a) Tarefas não rotineiras e não padronizadas (Intervenções): .APR da Tarefa; b) Instalações e equipamentos: .APR; .HAZOP; .FMEA.	-	.Análise de riscos da Mudança e geração de Recomendações a serem implementadas antes da Mudança; .Aprovação das Mudanças pelo responsável da área e/ou clientes.
	3	Plano de Ação para executar a Mudança Elaborar plano de implementação da Mudança levando em consideração (quando aplicável): .Compra de materiais; .Fabricação de peças; .Logística de transporte de pessoas e materiais; .Comissionamento, partida e entrega à operação; .Revisão ou confecção de novo padrão; .Treinamento.	.FAM (Lista de Verificação: Plano de Ação para a execução da Mudança).	.Plano de Ação (5W2H).	.Plano de ação para a implementação da Mudança.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3.6 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 3

O *road map* do método Seis Sigma integrado ao método de gestão de SMS apresentado neste capítulo é a resposta ao problema definido no capítulo 1, item 1.3: “O problema e objetivos da pesquisa”. A questão investigada foi “como integrar o método Seis Sigma ao método de gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde?”. Adicionalmente, dá-se resposta ao objetivo intermediário no item 2.2, alínea c do mesmo capítulo 1: “propor, de modo não exaustivo, nas etapas dos processos DMADV, SDCA, DMAIC e PDCA de Mudanças, a utilização conjunta de ferramentas Seis Sigma e de SMS”.

O esforço de síntese aqui realizado tenta estabelecer um patamar inicial a partir do qual sejam realizadas melhorias oriundas da aplicação do *road map* na gestão de SMS.

O capítulo 4 discute um exemplo de aplicação do método proposto aos ciclos SDCA e DMAIC através das ferramentas Seis Sigma Carta U, intervalos de confiança, teste de hipóteses e gráfico boxplot.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO ROAD MAP PROPOSTO NA GESTÃO DE SMS

Este capítulo exemplifica a aplicação do *road map* proposto no capítulo 3 em etapas específicas dos ciclos SDCA e DMAIC. O exemplo utiliza as ferramentas Seis Sigma carta de controle (Carta U), intervalo de confiança, teste de hipóteses e gráfico boxplot para avaliar a evolução da taxa TART (Taxa de Acidentes e Doenças Registráveis Típicos). A TART é calculada utilizando dados de acidentes e doenças de uma Unidade de Negócios do E&P da Petrobras (denominada Unidade 1). Procura-se saber se houve melhoria na taxa entre os anos de 2006 e 2007. A análise apresentada utiliza dois tipos de carta de controle: a Carta U e a Carta U ponderada (U_p).

A análise da TART através da Carta U não distingue a gravidade dos acidentes ou doenças. O conceito aqui utilizado é que uma mesma causa básica pode gerar acidentes ou doenças com diferentes graus de gravidade (consequências). Dentro de um mesmo processo ou para uma determinada tarefa, a variação encontrada na gravidade das lesões é uma questão de probabilidade ou sorte (SALAZAR, 2006). A Pirâmide de Bird complementa este conceito atribuindo probabilidades para a ocorrência de eventos com diferentes graus de gravidade. Os mesmos desvios em relação aos padrões estabelecidos geram, em ordem decrescente de probabilidade, incidentes e acidentes de menor e maior gravidade. Portanto, a plotagem da taxa mensal TART na Carta U oferece uma análise da frequência de ocorrência de todos os acidentes e doenças gerados em um processo.

Por outro lado, a análise da TART ponderada na Carta U_p aplica pesos para os acidentes e doenças com diferentes tipos de gravidade. Aqui, está sendo avaliada a gravidade dos acidentes e doenças gerados por cada processo. Por exemplo, o trabalho em áreas administrativas tende a apresentar acidentes com efeitos menos graves que aqueles em sistemas pressurizados ou em eletricidade. Neste sentido, a utilização da Carta U_p pode ser útil no mapeamento das Unidades, processos ou tarefas críticas em relação às consequências dos acidentes e doenças.

A Carta U e a Carta U_p são complementares porque possibilitam uma análise de frequência versus gravidade dos processos e tarefas. O uso do Controle Estatístico de Processo (CEP) na análise dos acidentes e doenças é importante pois permite distinguir o efeito de causas comuns e especiais atuantes nos processos. A eficácia no atingimento das metas é potencializada através da percepção da necessidade de ações de controle (problemas esporádicos – causas especiais) daquelas de melhoria (problemas crônicos – causas comuns).

4.1 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO *ROAD MAP* NO PROCESSO DE CONTROLE (SDCA)

O Capítulo 3 e o Apêndice A apresentam o *road map* para a integração do método Seis Sigma com a de gestão de SMS. Neste capítulo 4, este *road map* é exemplificado no estudo de um indicador de resultado: a taxa TART, proposta aqui para avaliar a evolução mensal dos acidentes e doenças registráveis típicos.

O estudo utiliza dados de acidentes e HHER de uma Unidade de Negócios representativa do E&P da Petrobras. Esta Unidade é denominada “Unidade 1”. A TART é composta dos acidentes e doenças ocorridos com a força de trabalho (empregados próprios e contratados) considerados típicos¹⁶ (acidentes e doenças relacionados aos processos de trabalho da companhia). O número de acidentes e doenças registráveis típicos por mês e o respectivo HHER mensal foram pesquisados no banco de dados SISIN da Petrobras. Os dados colhidos da Unidade 1 vão de janeiro de 2006 a fevereiro de 2008.

A aplicação do *road map* é realizada através do uso das ferramentas Carta U, intervalos de confiança, testes de hipóteses e gráficos Boxplots. Estas ferramentas fazem parte de sub-etapas do *road map* nos ciclos SDCA e DMAIC.

Neste capítulo, o estudo começa pela análise da Carta U na etapa de Verificação (*Check – C*) do ciclo SDCA (Figura 21).

¹⁶ O padrão PB-PP-0V3-00001-A, revisão de 31/10/2007, define acidente típico como “todo aquele ocorrido com empregado próprio ou de empresa contratada a serviço da Petrobras nos limites da propriedade da Companhia, ou fora destes limites, quando autorizado pela Companhia. Acidente ocorrido com empregado a serviço, durante seu horário de descanso, diretamente relacionado com os processos de trabalho da Companhia também é considerado acidente típico”.

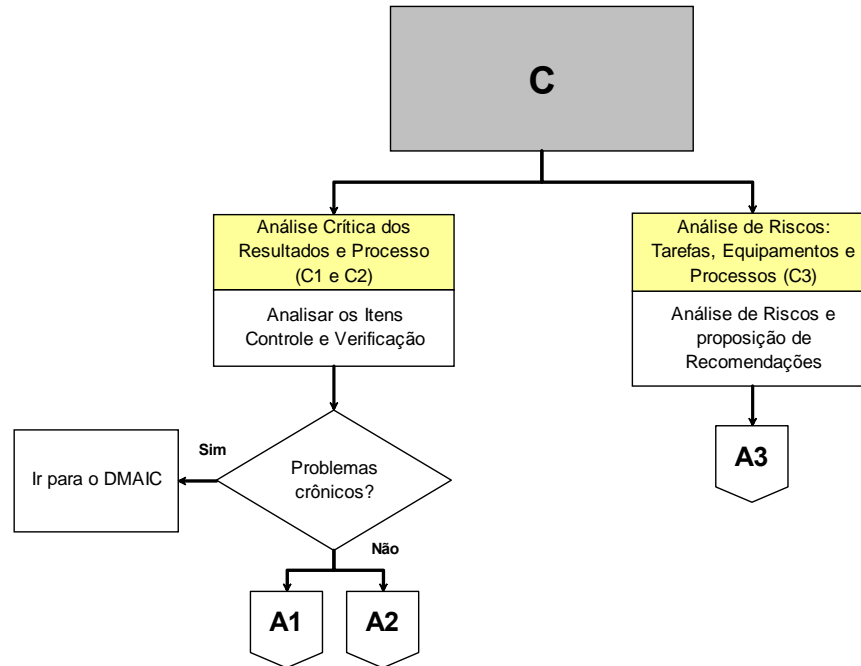


Figura 21: Etapa de Verificação (*Check*) do SDCA.
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Nesta etapa, a sub-etapa 1 “Análise Crítica dos Resultados - C1” (Tabela 5 - detalhe) propõe, entre outros, a análise de indicadores de resultado através das ferramentas Seis Sigma já mencionadas.

Tabela 5: Etapa de Verificação (*Check*) do SDCA – detalhe da sub-etapa 1

Sub-etapas	Atividades		Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade
1	Análise Crítica dos Resultados (C1)	Analisar os Itens de Controle	.Análise crítica dos resultados do processo (saídas: produtos e sub-produtos): avaliação dos Itens de Controle. Itens de Controle: 1) Indicadores de Resultado da gestão de SMS. Exemplo: .Taxas de acidentes e doenças; 2) Itens de Controle das saídas do processo (produtos e sub-produtos). Exemplo: .Registro de acidentes e incidentes.	.Cartas de Controle; .Intervalos de Confiança; .Teste de Hipóteses; .Boxplots; .Gráfico Sequencial; .Gráficos de Pareto; .Métricas do Seis Sigma.	.Análise de tendências dos resultados do processo e/ou CEP. .Identificação e análise preliminar das anomalias geradas pelo processo: Acidentes e doenças (análise segundo padrão): ir para Etapa "A", sub-etapa 1 (A1). .CEP: a) Fora de controle (causas especiais): ir para Etapa "A", sub-etapa 2 (A2); b) Sob controle (apenas causas comuns - problemas crônicos): ir para o DMAIC.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os objetivos da análise desta sub-etapa são verificar se o processo descrito através da taxa TART está sob controle estatístico e conhecer a taxa média e o desvio padrão das taxas

anuais. Em seguida é realizado teste de hipóteses para verificar se há melhoria da taxa TART entre os anos 2006 e 2007.

Caso sejam encontrados padrões que evidenciem que a taxa TART está sob controle (apenas existência de causas comuns), o *road map* encaminha para o DMAIC para ações de melhoria (Figura 21).

Caso sejam encontrados padrões que evidenciem que a taxa TART está fora de controle (existência de causas especiais), o *road map* encaminha para a etapa Ação Corretiva (*Act - A*) (Figura 22).

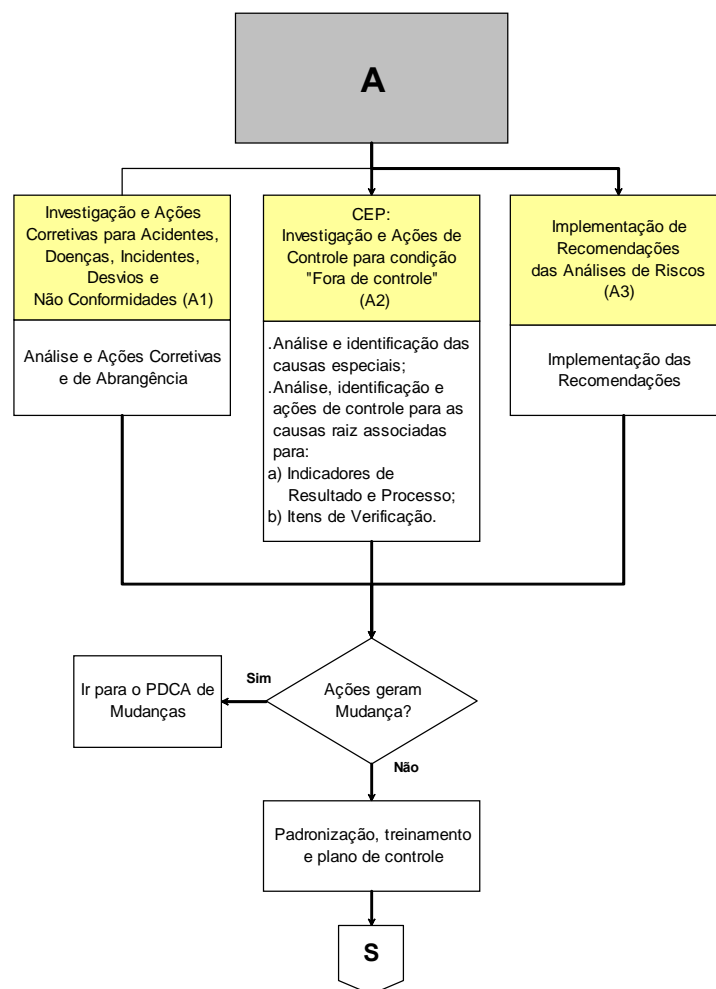


Figura 22: Etapa de Ação Corretiva (*Act*) do SDCA
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nesta etapa, utiliza-se a sub-etapa 2 “CEP: Investigação e ações de controle para condição "fora de controle" (A2)”. Nesta sub-etapa, as causas especiais são investigadas e identificadas. Em seguida, é realizada análise, identificação e implementadas ações de controle para as causas raiz que geraram as causas especiais. A Tabela 4 – detalhe -

apresentada a seguir lista as ferramentas de SMS e do Processo de Controle e Seis Sigma aplicáveis nesta sub-etapa.

Tabela 6: Etapa de Ação Corretiva (*Act*) do SDCA – detalhe da sub-etapa 2

Sub-etapas	Atividades		Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle	Produtos da atividade
2	<p>CEP: Investigação e Ações Corretivas para condição "Fora de controle" (A2)</p> <p>Vindo de C1 e C2</p>	<p>Análise e identificação das causas especiais; Análise, identificação e ações corretivas para as causas raiz associadas para: a) Indicadores de Resultado e Processo; b) Itens de Verificação.</p>	<p>.Visita ao local do evento; .Entrevistas; .Árvore dos Porquês.</p>	<p>.Diário de Bordo das Cartas de Controle; .Brainstorming; .Diagrama de Causa e Efeito; .Plano de Ação (5W1H); .Análise das idéias geradas pelas pessoas através do Programa de Sugestões; .Implementação e priorização das ações corretivas em condições inseguras através do Kanban; .Poka-yoke.</p>	<p>.Identificação das causas especiais e das causas raiz associadas; .Implementação de: .Ações corretivas pontuais e abrangentes para as causas raiz; .Processo sob-controle.</p>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Figura 23 apresenta uma descrição gráfica do CEP quando da aplicação de ações de controle (ações corretivas) em um processo fora de controle. A carta de controle é o “sistema de medida” e a causa especial é denominada “atribuída” (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

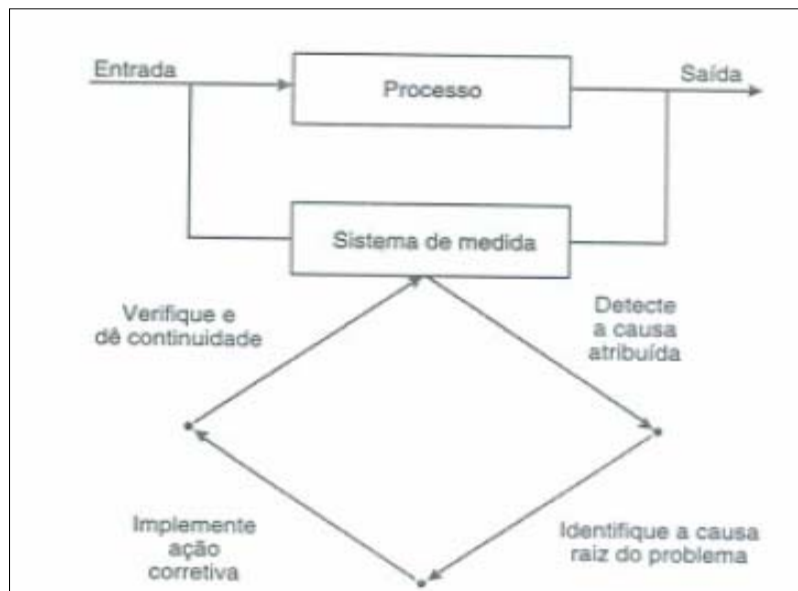


Figura 23: Ciclo do CEP para processo fora de controle.

Fonte: Montgomery;Runger, 2003, p. 363.

4.2.1 Composição e cálculo da Taxa de Acidentes e Doenças Registráveis Típicos (TART)

A Taxa de Acidentes e Doenças Registráveis Típicos (TART) se compõe dos acidentes com e sem afastamento típicos e as doenças ocupacionais com a força de trabalho. Estão excluídos desta taxa, os acidentes com impacto ao meio ambiente e ao patrimônio, e os acidentes com lesão com pessoas da comunidade. Os acidentes com e sem afastamento também são classificados, segundo padrão Petrobras, por “classe”. A classe (1, 2, 3 ou 4) dos acidentes representa o grau de gravidade das consequências dos acidentes nas pessoas. Quanto maior o número da classe do acidente, maior a gravidade do mesmo. A seguir, estão descritos e classificados os possíveis tipos de acidentes e doenças registráveis típicos para a composição da taxa TART, seguindo o padrão Petrobras.

a) Acidentes sem afastamento:

Classe 1: Primeiros Socorros;

Classe 2: Tratamento Médico; Restrição para o Trabalho;

Classe 3: Múltiplos acidentados com lesão sem afastamento.

b) Acidentes com afastamento:

Classe 3: Incapacidade Temporária; Incapacidade Permanente \leq 200 dias a debitar;

Classe 4: Incapacidade Permanente $>$ 200 dias a debitar; Queimaduras físicas ou químicas¹⁷; Morte.

A taxa TART, proposta nesta dissertação, é calculada da seguinte maneira:

$$\mathbf{TART} = \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right) \quad \mathbf{(4.1)}$$

¹⁷ Padrão Petrobras PB-PP-0V3- 00001-A: “segundo grau profundo ou terceiro grau que afetem: genitália, articulações, orifícios da cabeça, face em mais de 3% de área ou total de superfície corporal com área maior que 20%. Segundo grau superficial com área maior que 50% da superfície corporal”.

ART = Acidentes Registráveis Típicos e doenças ocupacionais (número de) com lesão na força de trabalho;

HHER = Horas-Homem de Exposição ao Risco no período considerado (mensal ou anual).

O motivo para a proposta de uma nova taxa é a constatação de alguns problemas encontrados na análise atualmente realizada para os acidentes ocorridos. Esta análise foca-se, principalmente, nos acidentes com afastamento (taxa TFCA). A análise através do TFCA apresenta falhas, pois:

- Descarta alguns casos de acidentados que sofrem acidentes com afastamento. Quando aplicável, os mesmos são relocados para outra função, com restrição. Estes acidentados são classificados na rubrica “classe 2: Restrição para o trabalho”;
- Desconsidera que o que distingue os acidentes sem afastamento (de consequências menos graves) dos acidentes com afastamento (de consequências mais graves, incluindo a morte), é apenas a sorte. As causas básicas geradoras destas duas categorias de acidentes são as mesmas. A atuação em acidentes de menor gravidade é tão importante quanto naqueles mais graves. Segundo Salazar (2006), a diferença de gravidade entre as lesões é geralmente uma questão de sorte.
- Uma análise estatística consistente necessita de uma amostra representativa do processo e, para tanto, é preciso analisar todos os acidentes típicos registráveis (tendo em mente que pode haver sub-notificação).

4.2.2 O processo de geração de acidentes e doenças

Os acidentes e doenças podem ser considerados como sub-produtos de um processo de produção, assim como os resíduos sólidos, as emissões atmosféricas e os efluentes.

A população de acidentes e doenças decorrente de um processo contínuo de produção (por exemplo, uma plataforma de produção de petróleo) é formada por todos os acidentes do passado (início da operação da instalação), presente e futuro (até a desativação da instalação). Cada HHER (Horas-Homem de Exposição ao Risco) representa oportunidade de acidentes e

doenças. Nos processos contínuos, os acidentes e doenças formam uma população infinita, pois abrangem todos os possíveis eventos que o processo pode gerar dentro de determinado número de HHER. Estes eventos não podem ser contabilizados nem caracterizados a priori porque o processo muda. Esta mudança pode ser caracterizada pela variação da média da taxa de acidentes e de seu desvio-padrão ao longo do tempo. Pode-se ter, no decorrer dos meses e anos de uma instalação, a existência de vários “processos” produtivos distintos geradores de acidentes e doenças.

Anderson (2002) define população infinita como aquela que envolve um processo contínuo que torna impossível a contagem de cada elemento da população. No entanto, esta população infinita pode ser caracterizada através de amostragens. Anderson indica que uma amostra aleatória simples retirada de uma população infinita deve satisfazer às seguintes condições:

1. Cada elemento selecionado vem da mesma população (*ou processo* – grifo do autor);
2. Cada elemento é selecionado de forma independente.

Neste estudo, são estudadas as taxas TART dos anos 2006 e 2007. Para a Unidade 1, estas duas amostras têm tamanho n_1 e n_2 e são oriundas de duas distribuições independentes com parâmetros σ_1^2 , μ_1 e σ_2^2 , μ_2 , respectivamente.

Para que um processo seja caracterizado, é necessário que o mesmo esteja sob controle. De outro modo, pode-se estar medindo e avaliando vários processos distintos. As causas que atuam em um processo, gerando variação ao longo do tempo, se dividem em especiais e comuns.

4.2.3 Causas Especiais e Comuns

Um conceito fundamental para o entendimento e aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP) através das Cartas de Controle é o de causas especiais (ou assinaláveis) e causas comuns (aleatórias). As causas especiais e comuns são as responsáveis pelo nível de perdas de um processo representado pelas medidas de tendência central (média) e de variação (desvio padrão). A seguir, estas causas são definidas a partir de Besterfield (1990), Werkema (1995) e Rath;Strong (2006).

1) Causas Comuns (aleatórias):

- a) Representam as variações aleatórias de todos os dias (numerosas e de pequena importância) e difíceis de identificar em um processo;
- b) Fazem parte da variação natural do processo: são inerentes ao processo pois o mesmo foi projetado com este nível de perdas (Processo de Planejamento da Trilogia de Juran);
- c) Produzem níveis previsíveis de variabilidade ao longo do tempo: diz-se que o processo está “estável” ou “sob controle”;
- d) Pedem ações de melhoria para sua redução: a redução ou eliminação das causas comuns envolve melhoria na capacidade do processo (redução da média e desvio padrão do processo). Neste sentido, a redução das causas comuns é geralmente mais difícil e demorada pois, para removê-las, é necessário melhorar o processo (6Ms);
- e) Causas comuns de variação são inevitáveis;
- f) Fontes de variação devido às causas comuns: matéria prima, equipamentos, procedimentos de operação, manutenção e inspeção e a mão de obra em operação normal, tal como foram projetados (intencionalmente ou não) para o processo.

2) Causas Especiais (assinaláveis):

- a) Representam variações assinaláveis que não estão normalmente presentes no processo (pouco numerosas e grande magnitude) e são mais fáceis de identificar;
- b) Não fazem parte da variação natural do processo: uma situação particular faz com que o processo se comporte de forma diferente do usual (anomalia);
- c) As causas especiais geram um distúrbio no processo: vão e vêm de forma esporádica e aparecem sob circunstâncias particulares;
- d) Produzem níveis imprevisíveis de variabilidade ao longo do tempo: diz-se que o processo está “instável” ou “fora de controle”;
- e) Pedem ações de controle para sua eliminação: a eliminação das causas especiais pede correção ou volta ao estado natural do processo;
- f) Fontes de variação devido às causas especiais: chegada de um novo operador, equipamento com defeitos, descumprimento de procedimentos, calibração inadequada de instrumentos de medição, matéria prima fora das especificações.

3) Causas Comuns versus Causas Especiais:

a) Processo apresenta apenas Causas Comuns (processo sob controle):

- Os altos e baixos das taxas plotadas são inerentes ao processo (variação natural).
- O processo (ou sistema) deve ser melhorado como um todo (6Ms).
- Segundo Deming (1986), a causa e a resolução deste estado do processo é de responsabilidade da gerência (liderança) que estabelece a rotina de trabalho (sistema). Segundo Besterfield (1990), de 80% a 85% dos problemas da qualidade (ou de SMS – O Autor) são de responsabilidade da gerência (liderança). Apenas 15% a 20% destes problemas são de responsabilidade do nível operacional.
- Para melhorar o processo, reduzindo a variação devido às causas comuns, devem ser realizadas ações de melhoria (planos). No Seis Sigma, as ações de melhoria são realizadas através do DMAIC (melhoria de processos existentes).

b) Processo apresenta Causas Especiais (processo fora de controle):

- Os pontos além dos Limites de Controle e outros padrões não-aleatórios das taxas plotadas são distúrbios no processo (variação não-aleatória).
- O processo (ou sistema) não precisa ser melhorado como um todo. Deve haver correção pontual (volta à normalidade) no processo com análise das causas, identificação e ação de controle em alguns dos 6Ms. Há indicação que os procedimentos existentes não são seguidos ou existem furos no sistema de gestão que demandam novos procedimentos de controle. A atuação nas causas especiais pode gerar pequenas melhorias;
- Segundo Deming (1986), a causa e a resolução deste estado do processo é de responsabilidade do nível operacional.
- Para que o processo fique estável e previsível (sob controle), é necessário reduzir a variação devido às causas especiais. Para tanto, devem ser realizadas ações de controle para a volta à normalidade do sistema. No Seis Sigma, as

ações de controle são realizadas através do SDCA (controle de processos existentes).

Obs: O cumprimento dos procedimentos e a Gestão da Rotina no Processo de Controle (SDCA) têm um baixo impacto na melhoria do processo. A média é pouco afetada. Porém, o desvio-padrão do processo (variação) pode sofrer maior influência à medida que o trabalho da Gestão da Rotina se torna mais consistente ao longo do tempo.

4.2.4 A Carta U: carta de controle para contagem de eventos (não conformidades) em áreas desiguais de probabilidade de ocorrência

Segundo Besterfield (1990), as cartas de controle são fotografias do processo ao longo do tempo. A carta de controle distingue a variação natural da não natural em um processo. Como visto em 4.2.3, a ocorrência da variação não natural deve-se às causas especiais: diz-se que o processo está instável ou fora de controle. Nas cartas de controle, os pontos fora dos limites de controle, ou apresentando padrões não aleatórios, fornecem evidência da instabilidade do processo (fora de controle). Neste sentido, as cartas de controle indicam quando e onde um problema ocorreu.

A carta de controle a ser aplicada nesta dissertação é a Carta U: carta de controle para a contagem de não conformidades em áreas desiguais de oportunidade.

A Carta U é uma carta de controle para atributos. Atributos são características da qualidade que podem ou não estar conforme às especificações (BESTERFIELD, 1990). Quando uma pessoa sofre um acidente ou adoece, pode-se considerar o acidente ou a doença como uma não conformidade: a política e metas de SMS (que são um tipo de especificação) almejam à sua eliminação. A Carta U se presta ao estudo da taxa TART através da contagem de eventos (acidentes e doenças) em áreas desiguais de probabilidade de ocorrência (HHER do mês).

A Carta U baseia-se em uma distribuição de Poisson para a contagem de eventos independentes em áreas de oportunidade. Segundo Besterfield, a distribuição de Poisson estabelece duas condições aplicáveis à Carta U:

- A contagem média de não conformidades deve ser muito menor que o número total de possíveis não conformidades;

- As ocorrências de não conformidades são independentes entre si.

Na Carta U, a taxa média (\bar{u}), o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) são calculados de acordo com a equação 4.2:

$$\begin{aligned}\bar{u} &= \frac{\sum_1^i n_i}{\sum_1^j t_j} \\ \text{LSC} &= \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{t_j}} \\ \text{LIC} &= \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{t_j}}\end{aligned}\quad (4.2)$$

Onde:

$u = n_i / t_j$: Taxa pontual mensal plotada na Carta U: número de eventos (acidentes e doenças) por unidade de inspeção (tempo = HHER/10⁶)

(“j” representa um mês e “i” o número de acidentes e doenças no mês);

n_i = Contagem de anomalias (nº de Acidentes Registráveis Típicos - no mês);

t_j = Unidade de inspeção (mês): nº de Homem-Hora Exposto ao Risco (HHER/10⁶);

\bar{u} = Taxa média considerando-se a amostra inicial de 26 meses (j = jan06 a fev08);

LSC: Limite Superior de Controle;

LIC: Limite Inferior de Controle.

Os limites de controle estão afastados 3 desvios-padrão da linha média. As taxas pontuais plotadas têm uma probabilidade de 99,73% (ou 997 vezes em 1000) de ocorrer dentro destes limites. Por este motivo, os pontos fora dos limites de controle têm uma grande probabilidade de não pertencerem ao processo em sua variação natural. No entanto, pontos fora da curva (além dos mais ou menos 3 desvios-padrão), mas pertencendo ao processo em sua variação natural, têm 0,27% de probabilidade de ocorrência. Por isso, é necessário encontrar as causas especiais de variação que geraram os pontos fora de controle. A evidência destas causas descarta a probabilidade de 0,27% destes pontos pertencerem ao processo. A capacidade do processo é dada pela média da Carta U.

A seguir, está descrito o passo-a-passo para o uso da Carta U na análise da taxa TART. Este passo-a-passo é adaptado de Besterfield (1990) e Werkema (1995) e Rath;Strong (2006).

1. Levantar os dados iniciais:

São requeridos, no mínimo, 24 pontos para obter a carta inicial (carta de teste). O objetivo da carta de teste é tirar uma fotografia do processo atual, antes do início do CEP, para conhecer a média e a variação naturais do processo (devidas apenas às causas comuns). Caso sejam encontrados pontos fora de controle (atuação de causas especiais), uma análise das causas especiais que geraram os pontos fora da curva deve ser empreendida. Caso sejam encontradas evidências de causas especiais, os pontos fora de controle podem ser removidos da carta¹⁸. Em seguida, a média e os limites de controle são novamente calculados. Desta forma, é obtida a carta revisada que apresenta média e variação naturais. Para a taxa TART, devem ser coletados os números de acidentes e doenças por mês para 24 meses, assim como o HHER mensal (Tabela 7);

2. Calcular as taxas pontuais de cada mês, a taxa média e os limites de controle da Carta U de teste. Utilizar a equação 4.2. (ver Tabela 7). Construir a Carta U de teste (Figura 24);

3. Caso sejam identificados pontos fora de controle na Carta U de teste, encontrar suas causas especiais, removê-los e construir a Carta U revisada (Figura 25);

4. Iniciar o CEP para a taxa TART;

5. Considerações para o CEP no quadro do Seis Sigma:

- Caso seja obtido um processo sob controle (estável), verificar se este estado atende às metas do plano estratégico ou corresponde aos limites econômicos da organização. Nesta condição, manter o processo sob controle através do ciclo SDCA;
- Caso seja obtido um processo sob controle, mas que não atenda às metas do plano estratégico, conduzir ações de melhoria até que seja atingido o nível de qualidade desejado para o processo através do ciclo DMAIC;

¹⁸ Para maior simplicidade no estudo da Carta U para a taxa TART nesta dissertação de mestrado, os pontos fora de controle encontrados na carta de teste são removidos sem a evidência de causas especiais. Estes pontos são considerados não pertencentes ao processo.

6. Utilizar a Carta U para o acompanhamento contínuo da taxa TART. A Carta U deve servir de base para o acompanhamento contínuo da taxa ao longo dos anos e meses em uma Unidade. A Carta U resultante deverá sempre ter o histórico dos últimos 24 meses para efeito de comparação com o ano corrente. Ao final do terceiro ano de avaliação, o primeiro ano avaliado deverá ser descartado (carta com, no mínimo um histórico de dois anos). A nova taxa média e seus limites de controle resultantes deverão ser calculados;

4.2.4.1 Levantamento dos dados para plotagem da Carta U de teste

A Tabela 7 mostra o levantamento do número de acidentes e doenças registráveis típicos de janeiro de 2006 a dezembro de 2007, juntamente com o cálculo da taxa média e dos limites de controle (24 pontos).

Tabela 7: Dados para a Carta U de teste da Unidade 1 do E&P

Fonte: SISIN BW

					$\sum n_i$	$\sum t_i$	
					629	67,61	
					$\bar{U} = \sum n_i / \sum t_i$	9,30	
					<i>(nº acidentes * 10⁶ / HHER)</i>		
Unidade 1 - Carta U					LIC	LSC	
	Total Registráveis (n)	HHER	HHER/10 ⁶ (t)	Taxa: U = (n _i / t _i) (nº acidentes * 10 ⁶ / HHER)			
2006	Jan	37	2.360.455	2,3605	15,67	3,35	15,26
	Fev	41	2.447.475	2,4475	16,75	3,45	15,15
	Mar	30	2.456.604	2,4566	12,21	3,46	15,14
	Abr	28	2.475.640	2,4756	11,31	3,49	15,12
	Mai	15	2.557.338	2,5573	5,87	3,58	15,02
	Jun	30	2.655.474	2,6555	11,30	3,69	14,92
	Jul	22	2.781.789	2,7818	7,91	3,82	14,79
	Ago	24	2.854.138	2,8541	8,41	3,89	14,72
	Set	19	2.811.298	2,8113	6,76	3,85	14,76
	Out	26	2.709.626	2,7096	9,60	3,74	14,86
	Nov	21	2.626.944	2,6269	7,99	3,66	14,95
	Dez	20	2.629.250	2,6293	7,61	3,66	14,95
	Soma	313	31.366.031	31,3660	9,98	LIC	LSC
2007	Jan	29	2.804.341	2,8043	10,34	3,84	14,77
	Fev	31	2.632.499	2,6325	11,78	3,66	14,94
	Mar	25	2.887.892	2,8879	8,66	3,92	14,69
	Abr	29	2.827.899	2,8279	10,25	3,86	14,74
	Mai	24	2.963.360	2,9634	8,10	3,99	14,62
	Jun	22	2.855.611	2,8556	7,70	3,89	14,72
	Jul	16	2.916.582	2,9166	5,49	3,95	14,66
	Ago	25	2.474.747	2,4747	10,10	3,49	15,12
	Set	7	2.338.976	2,3390	2,99	3,32	15,29
	Out	18	2.432.016	2,4320	7,40	3,44	15,17
	Nov	16	2.299.178	2,2992	6,96	3,27	15,34
	Dez	17	2.201.809	2,2018	7,72	3,14	15,47
	Soma	259	31.634.910	31,6349	8,19		

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Levando-se estes dados nas equações 4.2 tem-se a Carta U de teste (Figura 24). Para obter a Figura 24, foram utilizados os dados da Tabela 7 no software estatístico MINITAB.

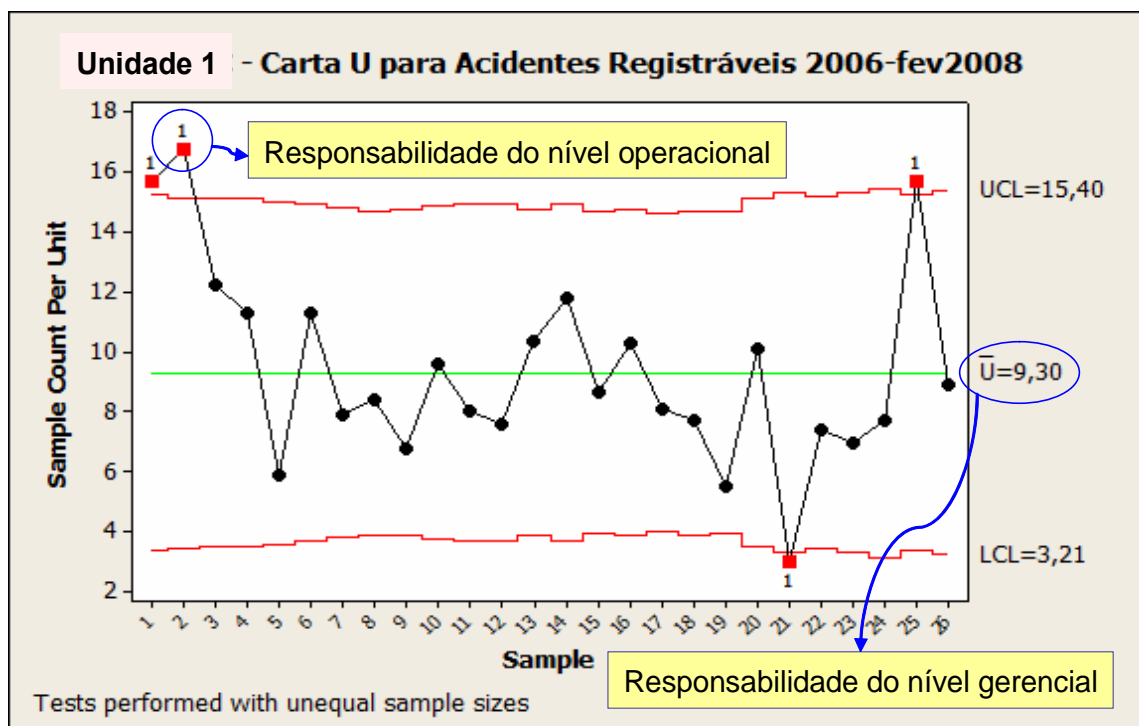


Figura 24: Carta U de teste para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Fev2008
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A Figura 24 mostra a Carta U de teste para a Unidade 1 do E&P com os dados da Tabela 7 acrescidos dos meses de janeiro e fevereiro de 2008. Como visto no item 4.2.4, esta carta é denominada de teste porque estima os valores da taxa média e dos limites de controle com pontos fora de controle (que não fazem parte do processo normal – variação natural do processo que gera os acidentes). O próximo passo é revisar a Carta U de teste. Isto é feito identificando as causas dos pontos fora de controle (pontos 1, 2 e 21), retirando-os da Carta U de teste e recalculando a média e os limites de controle. Desta forma, são obtidos nova média e limites de controle. Estes representam a tendência central e a variação naturais do processo gerador de acidentes e doenças (apenas atuação de causas comuns).

4.2.4.2 A Carta U revisada

A revisão da Carta U de teste é realizada caso haja identificação das causas especiais que geraram os pontos fora de controle estatístico (meses 1, 2 e 21 na Figura 24). Nesta carta, serão avaliados somente os anos de 2006 e 2007. Assume-se aqui que os pontos fora de

controle são oriundos de causas especiais e, portanto, são retirados da Carta U de teste. A taxa média e os limites de controle são recalculados (BESTERFIELD, 1996).

A Carta U revisada (Figura 25) apresenta a fotografia do nível de perdas (acidentes / doenças) da Unidade 1 com o processo sob controle. Esta carta caracteriza o processo.

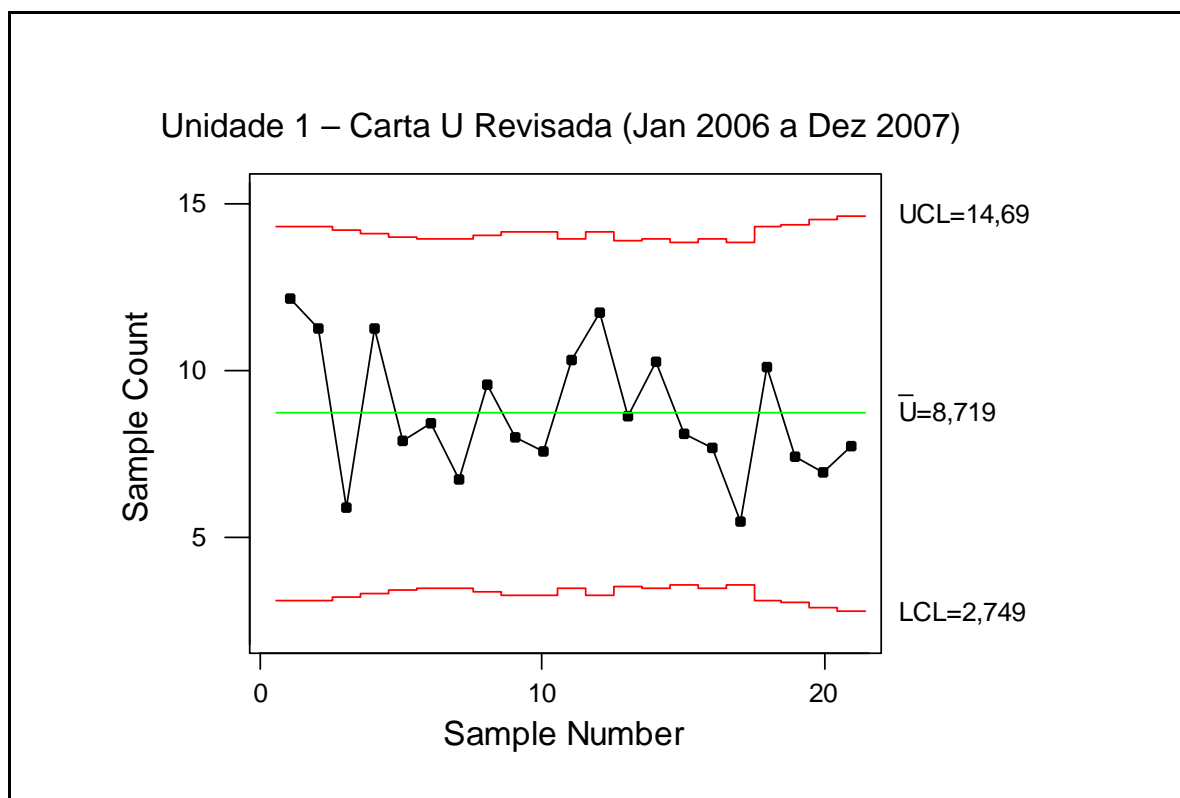


Figura 25: Carta U revisada para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Dez2007
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Podemos observar que a Carta U revisada apresenta-se sob controle. O processo representado pelos anos 2006 e 2007 é caracterizado por uma taxa média de 8,72 e limites de controle 2,75 (inferior) e 14,69 (superior). Graficamente pode-se observar que o processo, entres os anos de 2006 e 2007, não apresenta tendências de melhoria. O próximo passo é verificar quantitativamente se, de fato, não há diferença entre os processos geradores de acidentes e doenças (anos 2006 e 2007). Para tanto, são utilizadas as ferramentas intervalos de confiança e testes de hipóteses.

4.2.5 Teste de Normalidade dos dados da taxa TART

Foi realizado, no item anterior, uma análise estatística gráfica através da Carta U (revisada) dos resultados dos anos de 2006 e 2007. Através dela, foi concluído que não há diferenças para a taxa TART entre os anos de 2006 e 2007 (não há melhoria do processo).

Para realizar uma análise quantitativa da taxa TART entre os anos 2006 e 2007, é necessário realizar testes de hipóteses. Como o tamanho da amostra é inferior a 30 (dez pontos de 2006 e 11 pontos de 2007), não se pode remeter ao Teorema Central do Limite e considerar, a priori estes dados aproximadamente normais.

Como a normalidade é uma pré-condição para a utilização das equações dos testes de hipóteses para pequenas amostras com a distribuição t de Student (ver Anexo A), é necessário fazer um Teste de Normalidade. A Figura 26 apresenta este teste realizado no software MINITAB, com o teste de normalidade de Anderson-Darling (12 pontos do ano de 2006). A conclusão é que aceita-se a hipótese de normalidade pois o p-valor de 0,207 é superior ao nível de significância α utilizado de 0,05.

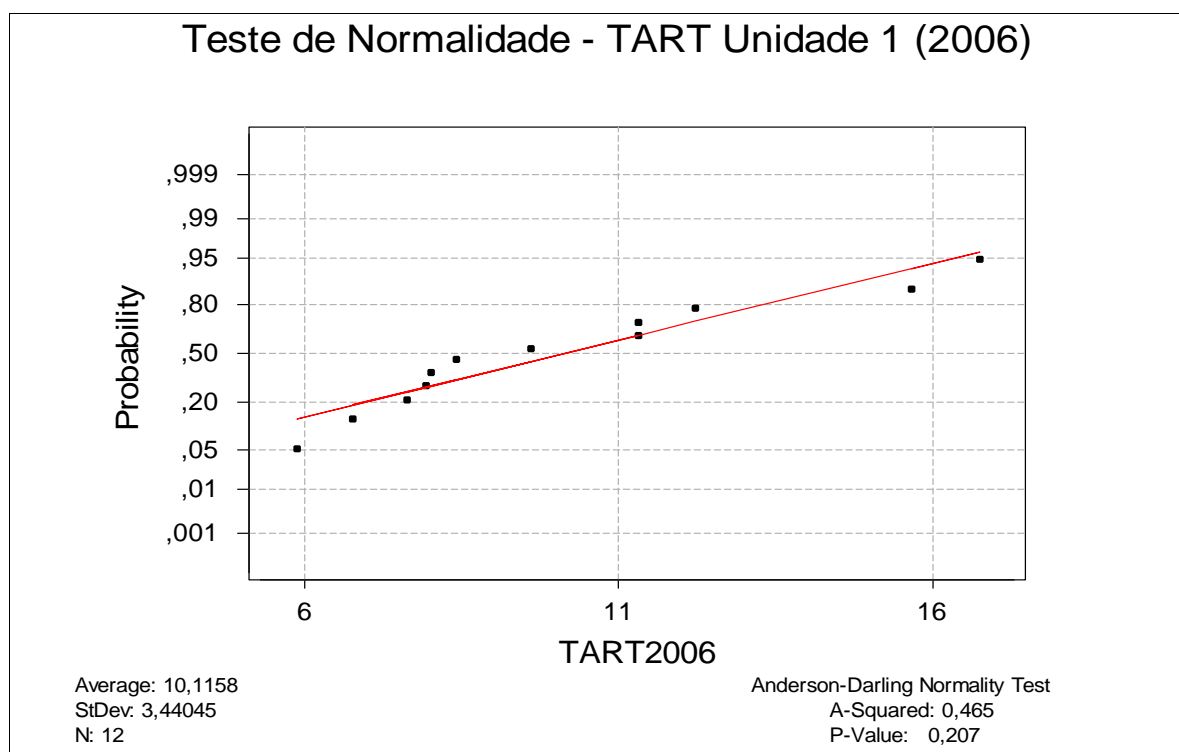


Figura 26: Teste de Normalidade da TART – Jan2006 a Dez2007

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.2.6 Intervalos de Confiança: comparação das taxas médias de 2006 e 2007

Segundo Drumond (1996), um parâmetro de uma população (ou processo) tem um valor fixo mas desconhecido, a menos que todos os resultados da população (ou processo) sejam conhecidos. A caracterização de um processo (ou população) pode ser realizada através de estimativas por ponto (por exemplo, média e desvio padrão). Porém, deve-se associar à estimativa por ponto a variabilidade ou incerteza a ela associada: isto pode ser obtido através dos intervalos de confiança na caracterização de uma população ou processo.

Montgomery (2004, p. 63) apresenta a equação para a estimativa por intervalo da média do processo, no caso da pequena amostra ($n < 30$), com desvio padrão do processo σ desconhecido:

$$\bar{x} - (t_{\alpha/2; n-1}) \times \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + (t_{\alpha/2; n-1}) \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4.3)$$

Ou mais simplesmente:

Intervalo de Confiança para a taxa média do processo (μ), a partir da taxa média da amostra (\bar{u}):

$$\bar{u} \pm (t_{\alpha/2; n-1}) \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4.4)$$

Onde:

- μ : Média do processo (ou população): taxa média do processo (TART do processo);
- \bar{x} : Média da amostra ou \bar{u} : taxa média da amostra (TART da amostra);
- S: Desvio-padrão da amostra;
- n: Número de dados da amostra;
- α : Nível de significância de 0,05;
- $100*(1 - \alpha)$: Nível de confiança (em percentual) de 95%;
- $t_{\alpha/2; n-1}$: Valor crítico que fornece uma área $\alpha/2$ nas extremidades da distribuição normal-padrão de probabilidade. Este valor crítico é obtido na tabela da Distribuição t de Student (anexo 1), com grau de liberdade $\nu = n - 1$;

Ainda segundo Drumond (1996), para poder usar a equação (4.4), devemos antes atender às seguintes condições:

- O processo deve estar sob controle estatístico;
- A distribuição de probabilidades com que se trabalha deve ser aproximadamente normal.

Da discussão realizada nos itens 4.2.4.2 e 4.2.5 deste capítulo, as duas condições estão atendidas. O objetivo aqui é determinar individualmente o Intervalo de Confiança do processo gerador de acidentes para os anos 2006 e 2007 na Unidade 1.

1) Determinação do intervalo de confiança para a taxa média do processo 1 (μ_1), a partir da taxa média da amostra 1 do ano de 2006 revisada (\bar{u}_1) (ano 2006):

$$\bar{u}_1 = 8,90$$

$$S_1 = 2,12$$

$$n_1 = 10$$

$$n_1 - 1 = 9 \text{ graus de liberdade;}$$

$$t_{\alpha/2; n-1} = t_{0,025; 9} = 2,262 \text{ (Tabela da Distribuição de Student - Anexo A).}$$

$$\text{Resultado: } 8,90 \pm 2,262 * \frac{2,12}{\sqrt{10}} \therefore 8,90 \pm 1,516 \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Intervalo de Confiança da distribuição amostral da taxa \bar{u}_1 (2006):

$$IC_1(\bar{u}_1; 95\%) = [7,38; 10,42] \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Conclusão: O intervalo de confiança construído acima é uma estimativa dos possíveis valores de μ_1 . Com um nível de confiança de 95%, podemos afirmar que a taxa média do processo μ_1 faz parte da distribuição amostral \bar{u}_1 (amostra da TART no ano 2006).

2) Determinação do intervalo de confiança para a taxa média do processo 2 (μ_2), a partir da taxa média da amostra 2 do ano de 2007 revisada (\bar{u}_2) (ano 2007):

$$\bar{u}_2 = 8,59$$

$$S_2 = 1,84$$

$$n_2 = 11$$

$n_2 - 1 = 10$ graus de liberdade;

$t_{\alpha/2; n-1} = t_{0,025; 10} = 2,228$ (Tabela da Distribuição de Student - Anexo A).

$$\text{Resultado: } 8,59 \pm 2,228 * \frac{1,84}{\sqrt{11}} \quad \therefore 8,59 \pm 1,236 \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Intervalo de Confiança da distribuição amostral da taxa \bar{u}_2 (2007):

$$IC_2(\bar{u}_2; 95\%) = [7,35; 9,83] \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Conclusão: O intervalo de confiança construído acima é uma estimativa dos possíveis valores de μ_2 . Com um nível de confiança de 95%, podemos afirmar que a taxa média do processo μ_2 faz parte da distribuição amostral \bar{u}_2 (amostra da TART no ano 2007).

Os intervalos de confiança IC_1 e IC_2 apresentam faixas de valores semelhantes.

4.2.7 Teste de Hipóteses: comparação das taxas médias de 2006 e 2007

Para responder quantitativamente à questão “houve melhoria da taxa TART do ano 2006 para o ano 2007?”, são realizados testes de hipóteses. Primeiramente, no item 4.2.7.1, com um teste de hipóteses através de intervalos de confiança para a diferença entre as taxas médias. No item 4.2.7.2, é realizado um teste de hipóteses de comparação das taxas médias.

4.2.7.1 Teste de hipóteses através do Intervalo de Confiança para a diferença entre as taxas dos processos 1 e 2 ($\mu_1 - \mu_2$), a partir da diferença entre as taxas das amostras 1 (ano 2006) e 2 (ano 2007) revisadas ($\bar{u}_1 - \bar{u}_2$)

Segundo Drumond (1996), para poder usar a equação (4.5), deve-se antes atender às seguintes condições:

- O processo deve estar sob controle estatístico;
- A distribuição de probabilidades com a qual se trabalha deve ser aproximadamente normal;
- As amostras devem ser independentes.

Da discussão realizada nos itens 4.2.2, 4.2.4.2 e 4.2.5 deste capítulo, as três condições estão atendidas.

Montgomery (2004, p. 75) apresenta as equações 4.5 e 4.6 para os intervalos de confiança para a diferença das médias, para duas amostras, caso da pequena amostra ($n < 30$), com variâncias desconhecidas e $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$.

$$\bar{u}_1 - \bar{u}_2 \pm (t_{\alpha/2}; \nu) \times \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \quad (4.5)$$

Onde:

- $t_{\alpha/2}; \nu$: Valor crítico que fornece uma área $\alpha/2$ nas extremidades da distribuição normal-padrão de probabilidade. Este valor crítico é obtido na tabela da Distribuição t de Student (anexo A), com grau de liberdade ν e S_1^2 diferente de S_2^2 (variâncias diferentes). ν é dado por:

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 + 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 + 1}} - 2 \quad (4.6)$$

Onde:

$$\bar{u}_1 = 8,90 \text{ e } \bar{u}_2 = 8,59$$

$$S_1 = 2,12 \text{ e } S_2 = 1,84$$

$$n_1 = 10 \text{ e } n_2 = 11$$

$$\nu = 24,42 \cong 24;$$

$t_{\alpha/2}; \nu = t_{0,025}; 24 = 2,064$ (Tabela da Distribuição de Student - Anexo A).

$$\text{Resultado: } 0,31 \pm 1,795 \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Intervalo de Confiança da distribuição amostral da taxa $\bar{u}_1 - \bar{u}_2$ (2006-2007):

$$IC_{1-2}(\bar{u}_1 - \bar{u}_2 ; 95\%) = [-1,49 ; +2,11] \left(\frac{n \circ ART \times 10^6}{HHER} \right)$$

Conclusão: com um nível de confiança de 95%, pode-se afirmar que, como o valor “zero” pertence ao intervalo de confiança, a hipótese nula de igualdade das médias das taxas TART dos anos de 2006 e 2007 não pode ser rejeitada ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$).

4.2.7.2 Teste de Hipóteses: comparação das taxas médias de 2006 e 2007

A hipótese de trabalho é a Hipótese de Pesquisa (ANDERSON, 2002). A Hipótese de Pesquisa responde à seguinte afirmação: “tenho que rejeitar H_0 para provar que os 2 processos geradores de acidentes e doenças representados pelas taxas médias TART dos anos 2006 e 2007 são diferentes e $\mu_1 - \mu_2 > 0$ ”. Portanto, procura-se saber se a taxa média entre os dois anos estudados pertencem ou não ao mesmo processo gerador de acidentes e doenças.

A Hipótese de Pesquisa (hipótese alternativa - H_a) é dada abaixo:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Onde:

H_0 é a hipótese de nenhuma diferença entre os processos do ano 2006 e 2007: não houve melhoria significativa entre os dois anos para as perdas (acidentes) com pessoas. Não houve melhoria na segurança.

H_a é a hipótese que existe uma diferença entre os processos dos anos 2006 e 2007. Houve melhoria na segurança.

μ_2 será diferente de μ_1 se a hipótese nula H_0 puder ser rejeitada.

Obs: Segundo Anderson (2002), o teste de hipóteses é provado por contradição: tenho que rejeitar H_0 para provar H_a (hipótese de pesquisa - alternativa). Ou seja: estamos buscando evidências para concluir que o ano de 2007 foi mais seguro que o de 2006. A rejeição de H_0 suporta a hipótese alternativa de pesquisa H_a .

Vamos utilizar $\bar{u}_1 - \bar{u}_2$ para inferir $\mu_1 - \mu_2$.

Segundo Drumond (1996), para podermos usar a equação (4.7) devemos antes atender às seguintes condições:

- O processo deve estar sob controle estatístico;
- A distribuição com que se trabalha deve ser aproximadamente normal;
- As amostras devem ser independentes.

Da discussão realizada nos itens 4.2.2, 4.2.4.2 e 4.2.5 deste capítulo, as três condições estão atendidas. As variâncias são consideradas desconhecidas e supostas diferentes.

Regra de decisão: rejeitar a hipótese nula H_0 quando (MONTGOMERY, 2004, p. 75):

$$t_t = \frac{|\left(\bar{u}_1 - \bar{u}_2\right) - (\mu_1 - \mu_2)|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} > t_{\alpha/2; v} \quad (4.7)$$

Onde:

- Média da distribuição do processo $\mu_1 - \mu_2 = 0$;
- t_t : Estatística de Teste = média da distribuição amostral de $\bar{u}_1 - \bar{u}_2$: é o número de desvios-padrão que $\bar{u}_1 - \bar{u}_2$ está da média da distribuição normal-padrão com média zero;

- $t_{\alpha/2; \nu}$: Valor Crítico que fornece uma área $\alpha/2$ nas extremidades da distribuição normal-padrão de probabilidade. Este valor crítico é obtido na tabela da Distribuição t de Student (anexo A), com grau de liberdade ν e S_1^2 diferente de S_2^2 (variâncias diferentes). ν é dado pela equação 4.6.

A Figura 27 representa graficamente o teste de hipóteses estudado.

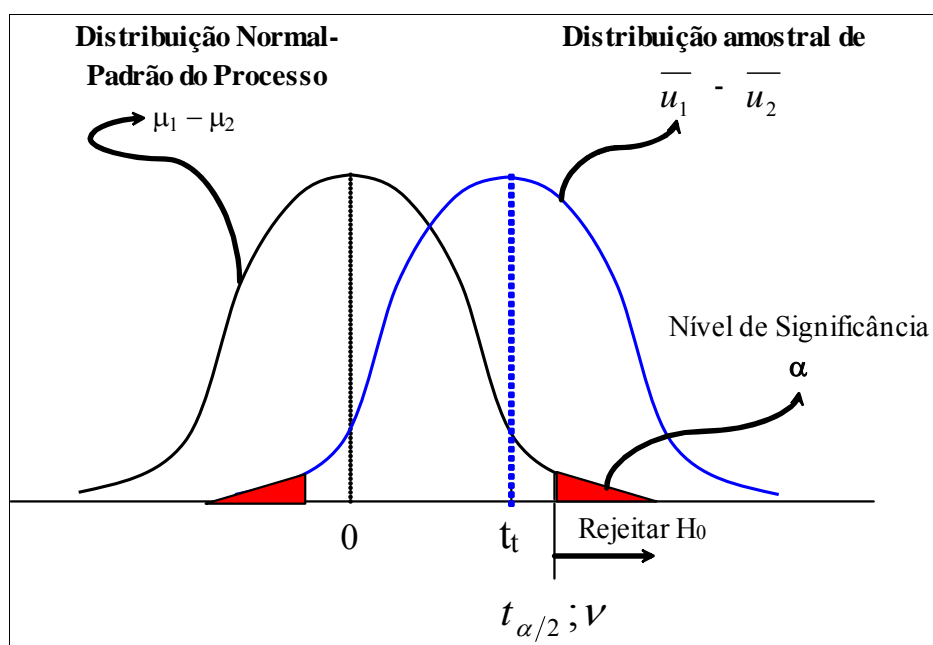


Figura 27: Teste de Hipóteses: comparação das TART de 2006 e 2007 – dados revisados
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Dados:

$$\bar{u}_1 = 8,90 \text{ e } \bar{u}_2 = 8,59$$

$$S_1 = 2,12 \text{ e } S_2 = 1,84$$

$$n_1 = 10 \text{ e } n_2 = 11$$

$$\nu = 24,42 \cong 24;$$

$$t_{\alpha/2; \nu} = t_{0,025; 24} = 2,064 \text{ (Tabela da Distribuição de Student – Anexo A).}$$

$$t_t = 0,356 < 2,064 \text{ (} t_t < t_{0,025; 24} \text{)}$$

Conclusão: com um nível de confiança de 95%, pode-se afirmar que, como o módulo do valor da Estatística de Teste (t_t) é menor que o Valor Crítico ($t_{0,025; 24}$), a hipótese nula de igualdade das médias das taxas T TART dos anos de 2006 e 2007 não pode ser rejeitada ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$). Ou seja: aceitamos que as distribuições amostrais \bar{u}_1 e \bar{u}_2 pertencem ao mesmo processo gerador de acidentes e doenças, indicando que as médias da taxa TART para os anos de 2006 e 2007 são estatisticamente iguais.

4.2.7.3 Teste de Hipóteses através do p-valor (ou probabilidade de significância)

O p-valor é a probabilidade de ter uma Estatística de Teste t_t (que é igual à média da distribuição amostral estudada) com um valor maior (em módulo) que o Valor Crítico $t_{\alpha/2; \nu}$. Regra de decisão: rejeitar a hipótese nula H_0 quando (DRUMOND, 1996):

$$\text{p-valor} = P(|t_t| > t_{\alpha/2; \nu}) \text{ ou } \text{p-valor} < \frac{\alpha}{2} \quad (4.8)$$

Avaliação da Estatística de Teste (t_t) através da Tabela da Distribuição de Student (Anexo A): com $t_t = 0,356$ e $\nu \cong 24$, temos um p-valor $> 0,10$

$$\text{p-valor} > 0,10 \text{ (e maior que } \frac{\alpha}{2} = 0,025: \text{p-valor} > \frac{\alpha}{2} \text{)}$$

Conclusão: com um nível de confiança de 95%, pode-se afirmar que, como o p-valor é maior que $\alpha/2$, a hipótese nula de igualdade das médias das taxas TART dos anos de 2006 e 2007 não pode ser rejeitada ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$). Ou seja: aceitamos que as distribuições amostrais \bar{u}_1 e \bar{u}_2 pertencem ao mesmo processo, indicando que as médias da taxa TART para os anos de 2006 e 2007 são estatisticamente iguais.

4.2.7.4 Análise através dos gráficos Boxplot

O Boxplot mostra graficamente a relação entre as taxas TART dos anos 2006 e 2007, com dados revisados. Os pontos vermelhos representam as taxas médias e os lados inferior e superior dos retângulos representam, respectivamente, o primeiro e o terceiro quartis dos dados coletados para os anos 2006 e 2007. Pode-se verificar que as taxas médias são semelhantes e há uma redução da variação no ano de 2007 (Figura 28).

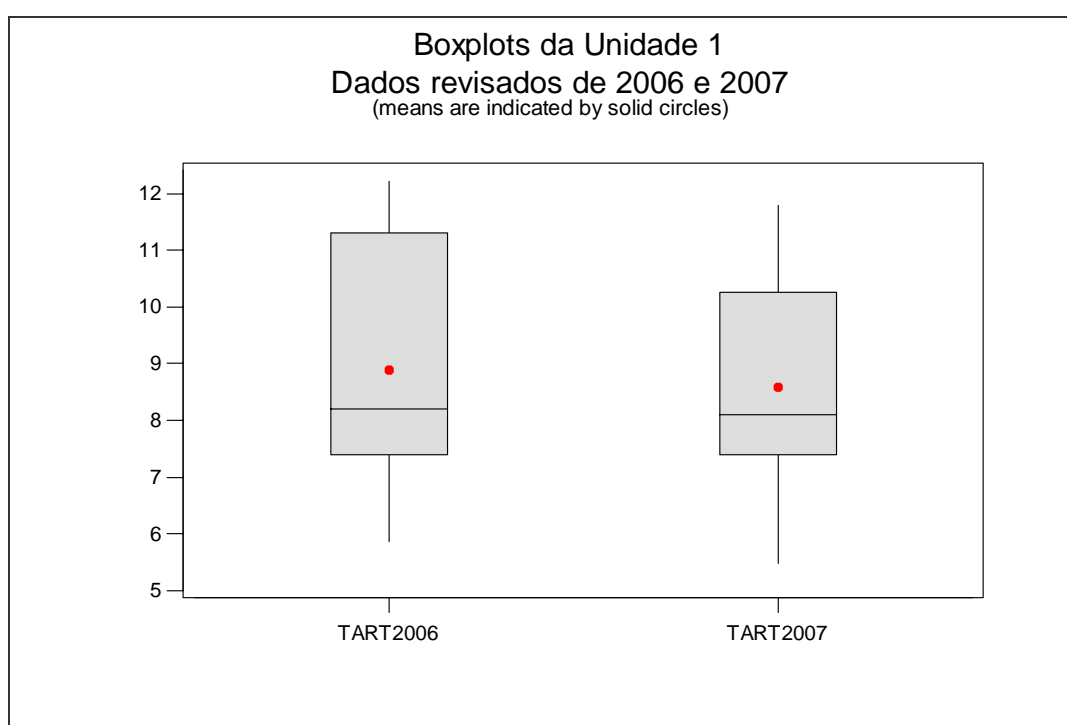


Figura 28: Boxplot da TART com dados revisados de 2006 e 2007.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.2.8 A Carta U ponderada (Carta Up)

A análise apresentada nos itens 4.2.4 a 4.2.7.4 pode também ser realizada para avaliar a gravidade do processo gerador dos acidentes e doenças. Para tanto, pode-se utilizar uma Carta U_p (U ponderada). Besterfield (1990) e Pyzdek (2003) discutem a utilização de uma Carta U ponderada denominada *Demerit Chart*. Tal qual a Carta U ponderada proposta nesta

dissertação, são utilizados pesos para hierarquizar as não conformidades. A Carta U_p está baseada na *Demerit Chart*.

A Carta U_p é utilizada para uma avaliação inter-processos ou inter-tarefas. Ela possibilita identificar os processos e tarefas críticas através de sua gravidade. Para a determinação dos pesos que indicam a gravidade dos eventos, Besterfield indica o peso 1 para não conformidades menores, peso 3 para não conformidades maiores e peso 9 para as críticas. Este autor também se refere a um quarto tipo de classificação denominada catastrófica, porém sem indicar o peso correspondente. Já Pizdek, utiliza os pesos 1, 5 e 10 para a sua sequência hierárquica. Nesta dissertação, é utilizada a escala de hierarquização proposta por Saaty (apud Orofino, 1996). A equação 4.2 é a mesma usada na Carta U considerando-se apenas os acidentes e doenças considerados mais graves. A ponderação proposta está apresentada a seguir para a geração da Carta U_p :

- Restrição para o Trabalho: peso 1;
- Incapacidade Temporária: peso 3;
- Incapacidade Permanente: peso 5;
- Morte: peso 7.

A Tabela 8 apresenta os cálculos do total de acidentes graves ponderados considerando-se os pesos apresentados acima.

Tabela 8: Dados de acidentes graves ponderados da Unidade 1 - 2006 e 2007

Unidade 1 - Acidentes Graves Ponderados						
		Retorno com restrição (Peso 1)	Incapacidade temporária (Peso 3)	Incapacidade permanente (Peso 5)	Morte (Peso 7)	Total de Acidentes Graves Ponderados (np)
2006	Jan	5	1			8
	Fev	5	1			8
	Mar	3	2			9
	Abr	5	1			8
	Mai	2	1			5
	Jun					0
	Jul	2	1			5
	Ago	3	1			6
	Set	4	1			7
	Out	3	1			6
	Nov	1				1
	Dez	2				2
2007	Jan	4	1			7
	Fev	2				2
	Mar	3				3
	Abr	3				3
	Mai	4	2			10
	Jun	2	2	1		13
	Jul	1				1
	Ago	1			1	8
	Set					0
	Out	4				4
	Nov					0
	Dez	1	1			4

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a construção da Carta U_p , considerar a equação 4.9 abaixo:

$$\bar{u}_p = \frac{\sum_1^i p_k \times n_i}{\sum_1^j t_j}$$

$$LSC = \bar{u}_p + 3 \sqrt{\frac{u_p}{t_j}} \quad (4.9)$$

$$LIC = \bar{u}_p - 3 \sqrt{\frac{u_p}{t_j}}$$

Onde:

$u_p = n_i / t_j$: Taxa pontual mensal plotada na Carta U_p : número de eventos (acidentes e doenças) por unidade de inspeção (tempo = $HHER/10^6$). (“j” representa um mês e “i” o número de acidentes e doenças no mês);

p_k = Peso para as categorias de acidentes ($k = 1, 3, 5$ ou 7);

n_i = Contagem de anomalias (nº de Acidentes Registráveis Típicos - no mês);

t_j = Unidade de inspeção (mês): nº de Homem-Hora Exposto ao Risco ($HHER/10^6$);

\bar{u}_p = Taxa média considerando-se a amostra inicial de 24 meses ($j = \text{jan06 a dez07}$);

LSC: Limite Superior de Controle;

LIC: Limite Inferior de Controle.

A Tabela 9 apresenta os cálculos das taxas mensais, taxa média e limites de controle considerando os acidentes graves ponderados dos anos 2006 e 2007 para a Unidade 1 (TART ponderada).

Tabela 9: Dados para a Carta Up (U ponderada) da Unidade 1 do E&P

Unidade 1 - Carta U Ponderada (Up)					120	63,00	
					$\bar{U} = \sum n_i / \sum t_i$	1,90	
					<i>(nº acidentes * 10⁵ / HHER)</i>		
	Total Registráveis (np)	HHER	HHER/10 ⁵ (t)	Taxa: U = (n _i / t _i) (nº acidentes * 10 ⁵ / HHER)	LIC	LSC	
2006	Jan	8	2.360.455	2,3605	3,39	-0,79	4,60
	Fev	8	2.447.475	2,4475	3,27	-0,74	4,55
	Mar	9	2.456.604	2,4566	3,66	-0,74	4,55
	Abr	8	2.475.640	2,4756	3,23	-0,73	4,54
	Mai	5	2.557.338	2,5573	1,96	-0,68	4,49
	Jun	0	2.655.474	2,6555	0,00	-0,64	4,45
	Jul	5	2.781.789	2,7818	1,80	-0,58	4,39
	Ago	6	2.854.138	2,8541	2,10	-0,55	4,36
	Set	7	2.811.298	2,8113	2,49	-0,56	4,37
	Out	6	2.709.626	2,7096	2,21	-0,61	4,42
	Nov	1	2.626.944	2,6269	0,38	-0,65	4,46
	Dez	2	2.629.250	2,6293	0,76	-0,65	4,46
	Soma	65	31.366.031	31,3660	2,07	LIC	LSC
2007	Jan	7	2.804.341	2,8043	2,50	-0,57	4,38
	Fev	2	2.632.499	2,6325	0,76	-0,65	4,46
	Mar	3	2.887.892	2,8879	1,04	-0,53	4,34
	Abr	3	2.827.899	2,8279	1,06	-0,56	4,37
	Mai	10	2.963.360	2,9634	3,37	-0,50	4,31
	Jun	13	2.855.611	2,8556	4,55	-0,55	4,35
	Jul	1	2.916.582	2,9166	0,34	-0,52	4,33
	Ago	8	2.474.747	2,4747	3,23	-0,73	4,54
	Set	0	2.338.976	2,3390	0,00	-0,80	4,61
	Out	4	2.432.016	2,4320	1,64	-0,75	4,56
	Nov	0	2.299.178	2,2992	0,00	-0,83	4,64
	Dez	4	2.201.809	2,2018	1,82	-0,89	4,70
	Soma	55	31.634.910	31,6349	1,74		

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Figura 29 apresenta a Carta de Controle U_p gerada no software estatístico MINITAB. Como afirmado anteriormente, a mesma análise e ações corretivas realizadas no CEP da Carta U são aplicáveis para a Carta U_p (ver passo-a-passo do item 4.2.4).

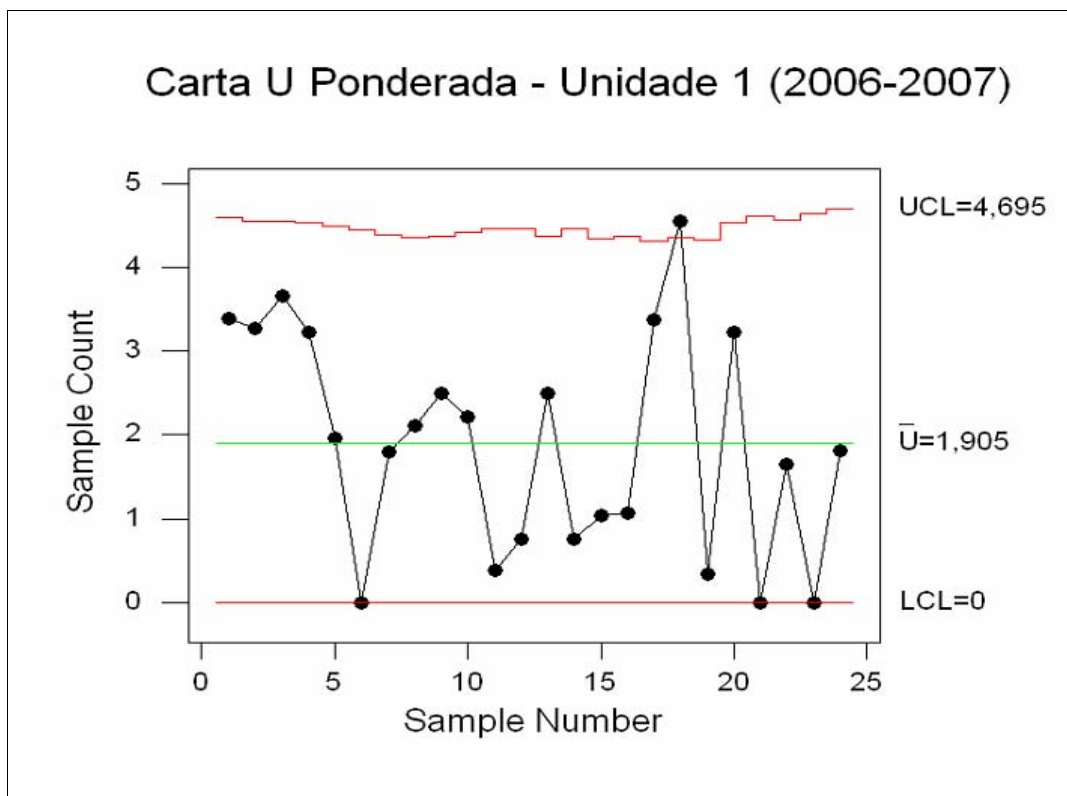


Figura 29: Carta U_p (U ponderada) para a Unidade 1 do E&P – Jan2006 a Dez2007
 Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO *ROAD MAP* NO PROCESSO DE MELHORIA (DMAIC)

Uma vez identificado o controle estatístico do processo gerador de acidentes e doenças (apenas atuação de causas comuns), o *road map* encaminha para o ciclo DMAIC. No DMAIC são realizados os projetos de melhoria que levam os resultados a um novo patamar de controle.

Os projetos de melhoria devem inicialmente ser identificados e priorizados através do gráfico de Pareto (sub-etapa 1 da etapa de Verificação do SDCA). Este Pareto inicial, gerado dentro do SDCA e posteriormente desdobrado no DMAIC, deve chegar aos problemas simples priorizados (Apêndice A, Tabela 3.7 – Etapa *Measure*). A seguir são listadas as possíveis categorias, com exemplos, para consolidação e análise dos dados:

- Gerência (Unidade, Ativo);
- Local (plataforma, oficina, estação de tratamento, sonda, embarcação);

- Tipo (segurança, meio ambiente, saúde);
- Área (produção, manutenção, administrativo);
- Processo (compressão de gás, processamento de gás, estocagem e transferência);
- Tarefa (abertura de flange, raqueteamento, etiquetagem/bloqueio e teste, abertura de válvula, operar forno, coletar amostra);
- Classificação do Perigo (trabalho em altura, movimentação de cargas, trabalho com ferramentas manuais, trabalhos a quente, trabalhos em sistemas pressurizados);
- Turno de trabalho (manhã, tarde, noite).

As ferramentas Seis Sigma e análises correspondentes apresentadas neste capítulo para o SDCA também se aplicam ao DMAIC (processo de melhoria de processos, produtos e serviços existentes), conforme processo descrito no Apêndice A:

- Etapa Define – Sub-etapa 2 – Levantar e avaliar dados históricos sobre o problema (Fig. 3.7 e Tab. 3.6);
- Etapa Measure – Sub-etapa 5 – Analisar variações dos problemas simples priorizados (Fig. 3.8 e Tab. 3.7);
- Etapa Analyse – Sub-etapa 4 – Quantificar o efeito das causas potenciais sobre o problema simples priorizado, quando aplicável ou se necessário (Fig. 3.9 e Tab. 3.8);
- Etapa Improve – Sub-etapa 6 – Avaliar se a meta do problema simples priorizado foi alcançada no teste piloto (Fig. 3.10 e Tab. 3.9);
- Etapa Control – Sub-etapa 4 – Definir e implementar plano de controle para o processo (monitoramento e ações corretivas) (Fig. 3.11 e Tab. 3.10).

4.4 ANÁLISE CRÍTICA DO CAPÍTULO 4

O exemplo de aplicação do *road map* na gestão de SMS apresentado oferece resposta ao objetivo intermediário do item 2.2, alínea d, capítulo 1: “apresentar exemplo de aplicação do *road map* na gestão de SMS”.

Neste capítulo, foram discutidas as ferramentas carta de controle (exemplificada pelas Cartas U e U_p), intervalos de confiança, teste de hipóteses e o gráfico Boxplot. Os gráficos sequenciais, o gráfico de Pareto e as métricas do Seis Sigma não foram abordados neste estudo, porém são importantes para a etapa de Ação Corretiva (*Act*).

As Cartas U e U_p devem ser utilizadas em conjunto para uma avaliação completa do processo gerador de acidentes e doenças. A Carta U (Figura 24) e a Carta U_p (Figura 29) oferecem uma visão complementar do processo em estudo. A Carta U permite acompanhar a frequência dos acidentes e doenças e a Carta U_p permite acompanhar a gravidade dos mesmos. Desta forma, quantidade e qualidade dos acidentes e doenças são avaliados simultaneamente. Em determinado período i , a avaliação de controle deve ser realizada em paralelo nas duas cartas. Por exemplo, embora o mês 18 (junho 2007) esteja sob controle na Carta U, está fora de controle na Carta U_p . Isto significa que, embora o número de acidentes e doenças gerados pelo processo esteja dentro do esperado (dentro da curva da normal da TART), a magnitude da gravidade destes acidentes/doenças foge da variação natural. Neste caso, deve-se buscar as causas especiais e prover ação corretiva para o(s) eventos mais graves.

A análise conjunta das Cartas U e U_p encontra similaridades com a análise das cartas de controle por variáveis que também utilizam duas cartas de controle em paralelo..

Em seguida à construção das Cartas U e U_p , os intervalos de confiança e testes de hipóteses são utilizados para verificar se houve melhoria no processo ao longo dos anos.

O resultado destas análises leva a ações de controle no SDCA (processo fora de controle – causas especiais) ou ações de melhoria no DMAIC (processo sob controle – apenas causas comuns).

O exemplo apresentado neste capítulo trata de um dos pilares de qualquer sistema de gestão, qual seja, o tratamento de não conformidades. O uso do *road map* proposto, com as ferramentas Seis Sigma e de SMS associadas, pode gerar uma melhoria neste tratamento. Primeiramente, através do entendimento da diferença entre causas especiais e comuns. Isto impede o “super controle” quando apenas da ocorrência de causas comuns. Adicionalmente, há ganho na identificação e foco em ações de controle para pontos fora de controle, através do combate às causas especiais. Os conceitos de controle e melhoria ajudam a direcionar os recursos para ações pontuais (controle) ou de maior complexidade e abrangência (melhoria).

No quadro deste capítulo, a estrutura lógica do *road map* (fluxos + ferramentas Seis Sigma / SMS) pode ser entendida como um amadurecimento do tratamento das anomalias. Sua aplicação ajuda a prever e controlar o nível dos sub-produtos “acidentes e doenças” do processo.

Como última observação, é importante salientar que, quanto mais a carta de controle utilizada estiver perto e focada em um processo, instalação, equipamento, tarefa ou gerência, mais fácil e rapidamente suas causas especiais e comuns serão identificadas e eliminadas.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada nesta dissertação procurou dar resposta ao problema “como integrar o método Seis Sigma à de gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde?”. A resposta a esta pergunta – o objetivo final desta dissertação - é uma proposta de *road map* do método Seis Sigma integrado à de gestão de SMS, apresentada no capítulo 3. A resolução deste problema visa a equipar a área de SMS com um método de gestão e de resolução de problemas robusto. Neste sentido, a pesquisa é uma contribuição para a traduzir em termos práticos o desafio contido no Plano Estratégico Petrobras 2020 - Plano de Negócios 2008-2012 para a área de E&P: “atingir padrões de excelência em saúde, meio ambiente e segurança”. A aplicação do Seis Sigma nos processos de SMS visa à redução significativa das taxas de acidentes e doenças do trabalho. Este desafio deve ser enfrentado gerência a gerência, processo a processo, tarefa a tarefa, identificando os processos críticos e implantando o programa. As metas, a serem atingidas projeto a projeto, devem ser escalonadas e realistas, tendo como norte taxas próximas ou iguais a zero (3,4 ppm).

Os objetivos intermediários cumpridos na pesquisa e que sustentaram a proposta de *road map* foram:

- a) O estudo da Trilogia de Juran e do método Seis Sigma através dos processos DMADV, SDCA e DMAIC (capítulo 2);
- b) O estudo dos elementos mais importantes do método de gestão de SMS contidos nas normas de SMS OHSAS 18001, ISO 14001, PSM da OSHA e API 750 (capítulo 2);
- c) O estudo e proposta, não exaustiva, de utilização conjunta de ferramentas Seis Sigma e de SMS nas etapas dos processos DMADV, SDCA, DMAIC e PDCA de Mudanças (capítulo 3);
- d) Um exemplo de aplicação do *road map* proposto (capítulo 4).

O *road map* proposto é uma síntese dos métodos de gestão Seis Sigma e de SMS. Esta síntese apresenta um caminho para traduzir o desafio do Plano Estratégico em resultados.

5.1 DISCUSSÃO DA PESQUISA

O *road map* proposto nesta dissertação visa ao aprofundamento da gestão científica para a segurança, meio ambiente e saúde. Tal gestão baseia-se em fatos e dados através do uso intensivo de técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade estruturadas dentro de um mapa de percurso.

No entanto, a aplicação do método Seis Sigma na área de SMS não prescinde de uma cultura organizacional que promova a segurança, o meio ambiente e a saúde como valores. Esta cultura também deve estar lastreada em um sistema de gestão de SMS já maduro e com todos os principais elementos das normas de SMS citadas no capítulo 2 implementados. Para tanto, o E&P da Petrobras estabeleceu o Plano de Perenização das 15 Diretrizes de SMS. Este plano é a ferramenta utilizada para solidificar o SMS como valor, implementar seus procedimentos críticos e as ações de melhoria decorrentes. As certificações (OHSAS 18001, ISO 14001 e demais certificações), o cumprimento à legislação e o Plano de Perenização das 15 Diretrizes de SMS do E&P cumprem seu papel no aprofundamento desta importante linha de atuação.

Duas observações complementares indicam que a aplicação do Seis Sigma pode gerar uma evolução no atual estado da gestão de SMS e seus resultados. Primeiro, os profissionais de SMS do E&P da Petrobras constatam, através de congressos internacionais e visitas de benchmarking, que nosso atual sistema de gestão em SMS tem nível semelhante às grandes companhias de petróleo. Ou seja, embora haja espaço pontual para melhorias, de uma maneira geral, não há grandes disparidades entre os sistemas de gestão de SMS observados. Neste contexto, estes profissionais levantam a pergunta sobre o que fazer de novo. Segundo, ano a ano nossa intolerância aos acidentes e doenças aumenta e o Plano Estratégico aponta para reduções cada vez mais desafiadoras das nossas taxas de acidentes e doenças. Um exemplo é a UN-BC (Unidade de Negócios da Bacia de Campos), maior unidade produtora de petróleo do E&P da Petrobras, que tem como objetivo “zero acidentes” até 2010. No entanto, atualmente, as taxas de acidentes e doenças no E&P estão assintóticas ou mesmo estagnadas (ver discussão sobre a Unidade 1 no capítulo 4). Estas constatações levantam a discussão de como continuar a melhorar e de fazer algo novo.

O Seis Sigma não substitui os programas e projetos que visam a implementar procedimentos e a cultura de SMS. O foco do Seis Sigma são os projetos de melhoria de resultados considerando novas oportunidades e problemas crônicos.

5.2 DISCUSSÃO DE FUTURAS PESQUISAS

Esta dissertação delimitou seu estudo ao método Seis Sigma através de uma proposta de *road map*. O *road map* aqui proposto foi construído a partir da prática, foi formalizado em teoria e agora deve voltar à prática para ser testado e novamente revisto.

Outros trabalhos, além dos estudos de caso a serem realizados, podem analisar aspectos fundamentais para sua implementação na área de SMS tais como treinamento, avaliação e recompensa, liderança e análise crítica próprias do Seis Sigma. Estes aspectos podem mesmo gerar sinergia com a cultura e valores de SMS adicionando uma forte correlação esforço versus resultados.

Outro ponto que merece atenção é o estudo e a construção da métrica Seis Sigma DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades) para a área de SMS. Através do DPMO, convertido em Escala Seis Sigma, pode-se determinar o “Nível Sigma” de um processo (ver Anexo B). Este estudo demanda uma análise multidisciplinar dos possíveis defeitos (acidentes) que podem ocorrer nas pessoas e no meio ambiente. Por exemplo, profissionais de segurança e saúde podem mapear quais as possíveis lesões que um conjunto de tarefas ou processo pode gerar nas pessoas e, utilizando a equação 5.1, conhecer seu DPMO e o Nível Sigma da tarefa ou processo.

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 10^6 \quad (5.1)$$

Onde:

D = Número total de lesões ocorridas nas pessoas na tarefa ou processo por período;

N = Número total de pessoas envolvidas na tarefa ou processo;

O = Número de oportunidades para lesões por pessoa na tarefa ou processo.

As métricas DPMO e o correspondente nível Sigma oferecem um modo de quantificar, na Escala Sigma, os projetos de melhoria Seis Sigma nos processos críticos de SMS.

Por fim, é relevante estudar a questão do erro humano em SMS. Este tópico pode ser analisado à luz de uma variante do Seis Sigma denominada *Lean Six Sigma*. O *Lean Six Sigma* incorpora a filosofia e ferramentas do Sistema Toyota de Produção, concebido por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, à estrutura do Seis Sigma clássico. Um dos conceitos do

Sistema Toyota de Produção é a impossibilidade da eliminação de todos os erros nas tarefas realizadas por seres humanos. Erros humanos são inevitáveis. As máquinas fazem mais rápido e melhor as tarefas repetitivas, estafantes e monótonas que lhes são atribuídas. A evolução da nossa espécie nos dotou de um corpo complexo que não se adequa a estas necessidades: nosso horizonte deve ser outro. Portanto, o estudo do poka-yoke (abordado no *road map* desta dissertação) e da automação devem estar combinados àqueles da automação e falha humana nas tarefas e instalações.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Sílvio. **Integração das ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ANDERSON, David R.; SWEENEY, Dennis J.; WILLIAMS, Thomas A. **Estatística aplicada à administração e economia**. 4. ed.. São Paulo: Thompson, 2005.

ANTUNES, Ricardo. **Adeus ao trabalho?** : ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho. 5. ed.. São Paulo: Cortez, 1998.

API Recommended Practice 750, **Management of process hazards**. First edition, jan. 1990.

BEHM, Michael; VELTRI, Anthony; KLEINSORGE, Ilene K. The cost of safety: cost analysis model helps build business case for safety. **Professional Safety**, abr. 2004.

BESTERFIELD, Dale H. **Quality control**. 3. ed.. New Jersey: Prentice Hall, 1990.

BISGAARD, Soren; DE MAST, Jeroen. After six sigma: What's next?. **Quality Progress**, jan. 2006.

BISGAARD, Soren; DE MAST, Jeroen. The science in Six Sigma. **Quality Progress**, jan. 2007.

BREYFOGLE III, Forrest W. **Implementing Six Sigma: smarter solutions using statistical methods**. New York: John Wiley and Sons, 1999.

BUELL, R. S.; TURNIPSEED, S. P. Application of Lean Six Sigma in oilfield operations. **Journal Production and Facilities**, 2006.

CAIN, Donald L. Six Sigma roadmap for noise exposure analysis. **Occupational Hazards**, out. 2005.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

_____. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

_____. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CHRISTENSEN, Wayne C. Safety through design. **Professional Safety**, mar. 2003.

CLEMENS, Pat L. When is it time to worry about clustering?: a poisson distribution tutorial for SH&E professionals (for incident analysis). **Professional Safety**, maio 2003.

CLEMENS, Pat L. Zero-injury workdays: an effective metric? **Professional Safety**, maio 2005.

DAVEL, Eduardo; VASCONCELOS, João (Org.); CHANLAT, Jean-François. "Recursos" humanos e subjetividade. 3.ed.. Petrópolis: Vozes, 2000.

DEFEO, Joseph; BARNARD, William. **Juran's Institute Six Sigma: breakthrough and beyond**. New York: McGraw-Hill, 2004.

DEMING, Edwards W. **Qualidade: a revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DENNISON, Mark S. **OSHA and EPA: process management requirements: a practical guide for compliance**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

DESHPANDE, P. B. Emerging technologies and Six Sigma. **Hydrocarbon Process**, Louisville University, 1998.

DOBLE, Mukesh. **Six Sigma and chemical process safety**. Madras : Department of Biotechnology, Indian Institute of Technology, 2005.

DRUMOND, Fátima Brant; WERKEMA, Maria Cristina Catarino; AGUIAR, Sílvio, **Análise de variância: comparação de várias situações**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

ESTEVES, Alan da Silva. **Gerenciamento de riscos de processo em plantas de petroquímicos básicos: uma proposta de metodologia estruturada**. Niterói, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2004.

FELLERS, Gary. **Deming vision**. Milwaukee, Wisconsin: Quality Press, 1992.

GELLER, E. Scott; PERDUE, Sherry R.; FRENCH, Anne. Behavior-based safety coaching: 10 guidelines for successful application. **Professional Safety**, jul. 2004.

GINN, Dana; STREIBEL, Barbara; VARNER, Evelyn. **The Design for Six Sigma Memory Jogger**. Salem, NH: GOAL/QPC, [19-?].

HANSEN, Mark. Management systems: integrating safety, health, environmental and quality programs, **Professional Safety**, out. 2006.

HARRY, Michel J. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**, maio 1998.

HARROLD, Dave. Designing for Six Sigma capability. **Control Engineering**, jan. 1999.

HENDERSON, G. Robin. **Six Sigma: quality improvement with MINITAB**. Chichester: John Wiley & Sons, 2006.

HERRERO, Suzana García [*et.al.*]. A model for the improvement of occupational safety management. **The Journal of SH&E Research**, mar. 2006.

HOBBSAWN, Eric J. **A era das revoluções**. 20. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

HOERL, Roger [*et.al.*]. The future of Six Sigma. **ASQ Six Sigma Forum Magazine**, ago. 2004.

HUBERMAN, Leo. **História da riqueza do homem**. 14 ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

ISHIKAWA, Kaoru. **The guru from Japan**: Dr. Kaoru Ishikawa's views on quality Control: the total quality portfolio. Zurich: Strategic Direction, 1999.

JONES, Donald S. Leading the way to better results. **Professional Safety**, fev. 2007.

JURAN, Joseph M. **The Quality Trilogy**: a universal approach to managing for quality. the total quality portfolio. Zurich: Strategic Direction, 1999.

KEREN, Nir; WEST, Harry H.; MANNAN, Sam M. **Is Six Sigma inherent in OSHA PSM standard?** [S.l.] : Texas A&M University, [200-?].

KLETZ, Trevor A. **O que houve de errado?: casos de desastres em indústrias químicas, petroquímicas e refinarias**. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.

KURZ, Robert. **Com todo vapor ao colapso**. Juiz de Fora: Pazulin, 2004.

MARTINI JÚNIOR, Luiz Carlos de; GUSMÃO, Antônio Carlos Freitas de. **Gestão ambiental na indústria**. Rio de Janeiro: Destaque, 2003.

McGREW, C.; MARTIN, W.; MARR, G. Six Sigma success. **Hydrocarbon Engineering**, 2003.

MONTANTE, William M. Journey to a definition of chance: the role of chance in accident causation. **Professional Safety**, ago. 2004.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MONTGOMERY, Douglas C., **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

NAKAJO, Takeshi [*et.al.*]. How can Six Sigma aid healthcare?. **ASQ Six Sigma Forum Magazine**, fev. 2006.

NBR ISO 14001, **Sistemas da Gestão Ambiental**, 2000.

NEAVE, Henry R. **Deming**: the key rules for quality: the total quality portfolio. Zurich: Strategic Direction, 1999.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHSAS 18001, **Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional**, 1999.

OHSAS 18002, **Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional - Diretrizes para a implementação da OHSAS 18001**, 2000.

OROFINO, Flávia Vieira Guimarães. **Aplicação de um sistema de suporte multicritério: saaty for Windows na gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde: caso do Hospital Celso Ramos**. Florianópolis, Santa Catarina: Universidade Federal de Snta Catarina, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/flavia/index.html>> . Acesso em: 29 de maio 2008.

PADRÃO E&P da Petrobras PB-PG-0V3-00016-B. **Critérios de apropriação de acidentes com lesão e doenças ocupacionais para o cálculo de indicadores**, 31 de out. 2007.

PADRÃO E&P da Petrobras PB-PP-0V3-00001-A. **Classificação, investigação, análise, documentação e divulgação de anomalias de SMS**, 31 de out. /2007.

PADRÃO Petrobras CONTEC SC-16 N-2162. **Permissão para Trabalho**, maio 2007.

PADRÃO Petrobras CONTEC SC-36 N-2782. **Critérios para aplicação de técnicas de avaliação de riscos**, jun. 2007.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PP-2EA-00637-A. **Avaliação de Riscos**, 14 de jan. 2007.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-SEAL-PE-2E4-00010-G. **Sistemática de emissão de Permissão para Trabalho**, 27 de dez. 2007.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RNCE-PE-3E34-05231-L. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) do Ativo de Produção Mossoró e das gerências sediadas em Mossoró – Documento Base**, 22 de jan. 2008.

PADRÃO E&P da Petrobras PB-PP-0V3-00031-O. **Identificação e tratamento de anomalia de SMS**, 26 de fev. 2008.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PE-3EA-06333-D. **Identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais**, 07 de jan. 2008.

PADRÃO E&P da Petrobras PB-PP-0V3-00007-#. **Procedimento para implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA**.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PG-2EA-00008-G. **Implementação dos programas de Higiene Ocupacional**, 20 de ago. 2007.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PP-2EA-00056-E. **MS - Permissão para Trabalho**, 10 de maio 2006.

PADRÃO E&P da Petrobras E&P-SERV-PE-2ED-00511-G. **Permissão para Trabalho na E&P-SERV/US-PO**, 24 de jan. /2008.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PG-2EA-00231-E **Gestão de Riscos**, 07 de jan. 2008.

PADRÃO E&P da Petrobras UN-RIO-PG-2EA-00056-F **Realização de simulados de emergência**, 22 de jun. 2007.

PARK, Joseph William. Lean Six Sigma implementation at Logan Aluminum. **ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings**, 2005.

PETERSEN, Dan. Setting goals measuring performance: frequency versus severity. **Professional Safety**, dez. 2005.

PEREZ-WILSON, Mario. **Seis Sigma**: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

PINTO, Abel. **Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho**. Lisboa: Edições Silabo, 2005.

POPA, A. [*et.al.*]. Integration of artificial intelligence and Lean Six Sigma for large-field production optimization: application to Kern river field. **Society of Petroleum Engineers**, 2005

PREVETTE, Steven S. Charting safety performance. **Professional Safety**, maio 2006.

PYZDEK, Thomas. **The Six Sigma Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2003.

RANCOUR, Tom; McCracken, Mike. Applying Six Sigma methods for breakthrough safety performance. **Professional Safety**, out. 2000.

RATH; STRONG. **Six Sigma pocket guide**. Lexington, Massachusetts: Rath and Strong, 2006.

RECCO, Cláudio B. História: A revolução industrial na Inglaterra. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 8 ago. 2002.

REVELLE, Jack B. Six Sigma: problem-solving techniques create safer, healthier worksites. **Professional Safety**, out. 2004.

_____. Safety process analysis: improving safety results with flowcharts and maps. **Professional Safety**, jul. 2003.

REVOLUÇÃO industrial: História da Revolução industrial. *In*: **História do mundo**. Disponível em: <<http://www.historiadomundo.com.br/idademoderna/revolucao-industrial/>>. Acesso em: 19 de abril 2007.

SHINGO, Shigeo. **Zero quality control**: source inspection and the Poka-yoke system. Portland, Oregon: Productivity Press, 1986.

ROTONDARO, Roberto G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

ROURE, J. B.; MOÑINO M.; RODRIGUEZ-BADAL, M. A. **La gestión por procesos**. Barcelona: Ediciones Folio, 1997.

SHEWHART, Walter A. **Statistical method from the point of view of quality control**. New York: Dover Publications, 1986.

SMITH, Gerald F. **Quality Problem Solving**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 1998.

SALAZAR, Noe. Applying the Deming philosophy to the safety system. **Professional Safety**, ago. 2006.

SHERMAN, Joyce. Achieving real results with Six Sigma. **Healthcare Executive**, Jan./fev. 2006.

SIHOMBING, Santun; PURNOMO, Agus; BRAHMANTYO, Akson. **Six Sigma tools applied in automatic well testing reducing response time to “no fluid detected wells”**. Jakarta: Asia Pacific oil and gas conference – Society of Petroleum Engineers, 2001.

SIX sigma academy. Conoco: Phillips, [19-?].

SPEAR, Jerome E. Incident investigation: a problem solving process. **Professional Safety**, abr. 2002.

TEIXEIRA, Maria Emilia Peluso. **Guia de formação de monografias, dissertações e teses**: baseado nas normas ABNT. Niterói: LATEC/UFF, 2005.

TOELLNER, Jack. Improving safety and health performance: identifying and measuring leading indicators. **Professional Safety**, set. 2001.

TRANSTORNO mental afasta 100 mil por ano. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 11 fev. 2007. Empregos.

TRIEDI, Y. B. Applying Six Sigma. **Chemical Engineering Process**, 2002.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

WERKEMA, Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1995.

_____; AGUIAR, Sílvio, **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

_____. **Banner do Gerenciamento pelas Diretrizes**: roteiro para formação de *black-belts*. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

_____. **Criando a cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema, 2004.

_____. **Design For Six Sigma:** ferramentas básicas usadas nas etapas D e M do DMADV. Belo Horizonte: Werkema, 2005.

WILLIAMSSEN, Michael M. Six Sigma Safety: applying quality management principles to foster a zero-injury safety culture. **Professional Safety**. Jun. 2005.

_____. A look at Six Sigma management principles through Safety Glasses. **Air and Waste Management Association**, out. 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A

O Processo de planejamento: desenvolvimento de novos processos, produtos e serviços (planejamento tático) (DMADV)

A etapa “Define”

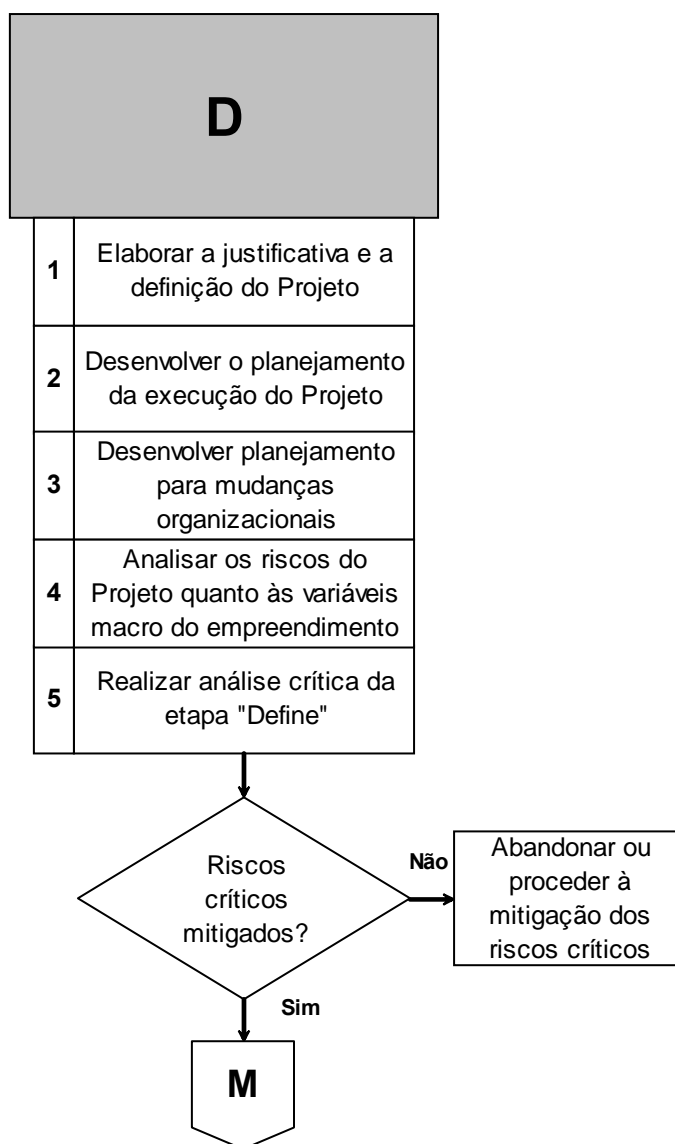


Fig. 1 – Etapa *Define* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Define	1	Elaborar a justificativa e a definição do Projeto	Project Charter	-	Protocolo entre o líder do Projeto e seu patrocinador sobre aquilo que é esperado do empreendimento.
	2	Desenvolver o planejamento da execução do Projeto	Plano do Projeto	-	Plano do Projeto com descrição detalhada dos prazos e responsáveis para cada ação e os marcos do Projeto.
	3	Desenvolver planejamento para mudanças organizacionais	Plano de Mudanças Organizacionais	-	Plano de Mudanças Organizacionais visando preparar a organização para suportar o Projeto. Inclui auditorias e Planos de Comunicação da Mudança. Obs: O Plano de Mudanças Organizacionais e o Plano de Gerenciamento de Riscos pertencem ao Plano do Projeto.
	4	Analisar os riscos do Projeto quanto às variáveis macro do empreendimento	Plano de Gerenciamento de Riscos do Projeto (com Matriz de Riscos)	-	.Identificação dos riscos macro para o empreendimento; .Lista de recomendações.; .Plano de ação para implementar as recomendações
	5	Realizar análise crítica da etapa "Define"	Lista de Verificação de revisão do portão	-	.Ajuste à estratégia da empresa; .Viabilidade técnica; .Potenciais impedimentos legais, ambientais e tecnológicos; .Reação dos stakeholders; .Mitigação dos riscos críticos; .Decisão de abandonar ou não o projeto.

Tab. 1 – Etapa *Define* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

A etapa “Measure”

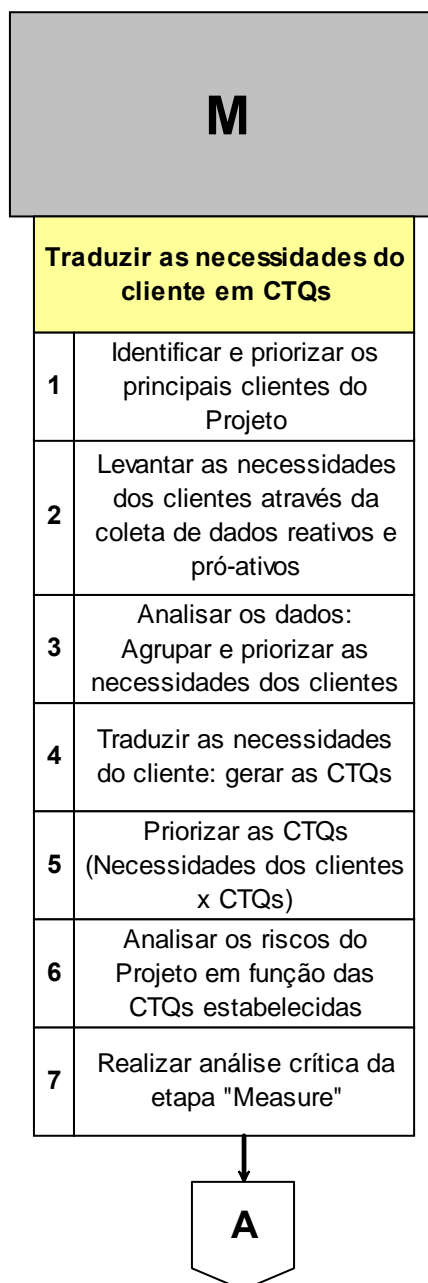
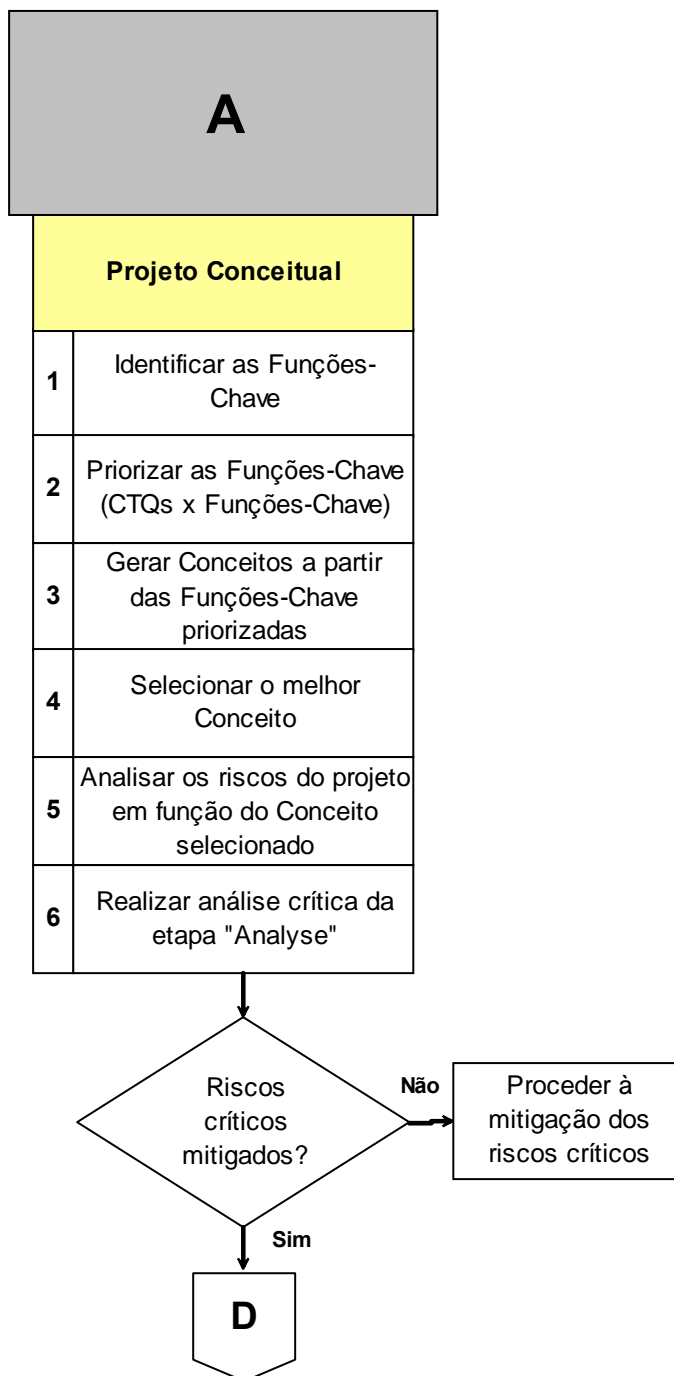


Fig. 2 – Etapa Measure do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
M: Measure	1	Identificar e priorizar os principais clientes do Projeto	Árvore de Segmentação de Clientes	-	.Lista hierarquizada dos principais clientes do Projeto
	2	Levantar as necessidades dos clientes através da coleta de dados reativos e pró-ativos	.Plano da Voz do Cliente (VOC); .Gráfico de Pareto; .Cartas de Controle; Fontes reativas: .Reclamações do cliente; .Registros de não conformidades Fontes pró-ativas: .Entrevistas; .Grupos foco; .Visitas técnicas; .Auditorias; .Benchmarking	.Projetos anteriores; .Dados históricos dos acidentes, incidentes e desvios; .Resultados de Auditorias de SMS; .Audiências públicas; .Legislação aplicável; .Indicadores de SMS; .Padrões.	.Lista inicial das principais necessidades dos principais clientes e conformidade legal do Projeto.
	3	Analisar os dados: Agrupar e priorizar as necessidades dos clientes	.Tabela VOC; .Diagrama de Afinidades; .Modelo Kano	-	.Lista final das necessidades dos clientes modularizada e priorizada.
	4	Traduzir as necessidades do cliente: gerar as CTQs	.Benchmarking das medidas das CTQs.	-	.Lista de CTQs: Característica da qualidade, medida, valor nominal e limites de especificação.
	5	Priorizar as CTQs (Necessidades dos clientes x CTQs)	.Matriz QFD 1 (CTQs quantitativas)	-	.Lista de CTQs priorizadas nas Matrizes QFD1.
	6	Analisar os riscos do Projeto em função das CTQs estabelecidas	.Matriz de Risco das CTQs.	-	.Plano para mitigação dos riscos de não atingir as metas estabelecidas para as CTQs do Projeto; Atualizar: .Plano de Gerenciamento de Riscos.
	7	Realizar análise crítica da etapa "Measure"	.Lista de Verificação de revisão do portão.	-	.Apresentação de análise crítica da etapa Measure; .Plano do Projeto atualizado; .Decisão de passar ou não para a próxima etapa.

Tab. 2 – Etapa Measure do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

A etapa “Analyse”**Fig. 3 – Etapa *Analyse* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)**

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade	
A: Analyse	1	Projeto Conceitual	Identificar as Funções-Chave	.Fluxograma de Processo.	-	.Lista das Funções-Chave.
	2		Priorizar as Funções-Chave (CTQs x Funções-Chave)	.Matriz QFD 2 (Funções-Chave qualitativas)	-	.Lista de Funções-Chave priorizadas na Matriz QFD2.
	3		Gerar Conceitos a partir das Funções-Chave priorizadas	.Benchmarking; .Brainstorming; .Caixa morfológica.	-	.Lista de Conceitos.
	4		Selecionar o melhor Conceito	.Matriz Pugh	-	.Especificações do Conceito selecionado.
	5		Analisar os riscos do Projeto em função do Conceito selecionado	-	.APR	.Avaliação dos riscos em função do Conceito selecionado; .Plano para mitigação dos riscos do Conceito selecionado. Atualizar: .Plano de Gerenciamento de Riscos.
	6		Realizar análise crítica da etapa "Analyse"	.Lista de Verificação de revisão do portão.	-	.Apresentação de análise crítica da etapa "Analyse"; .Plano do projeto atualizado; .Decisão de passar ou não para a próxima etapa.

Tab. 3 – Etapa *Analyse* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

A etapa “Design”
A sub-etapa de Projeto Básico

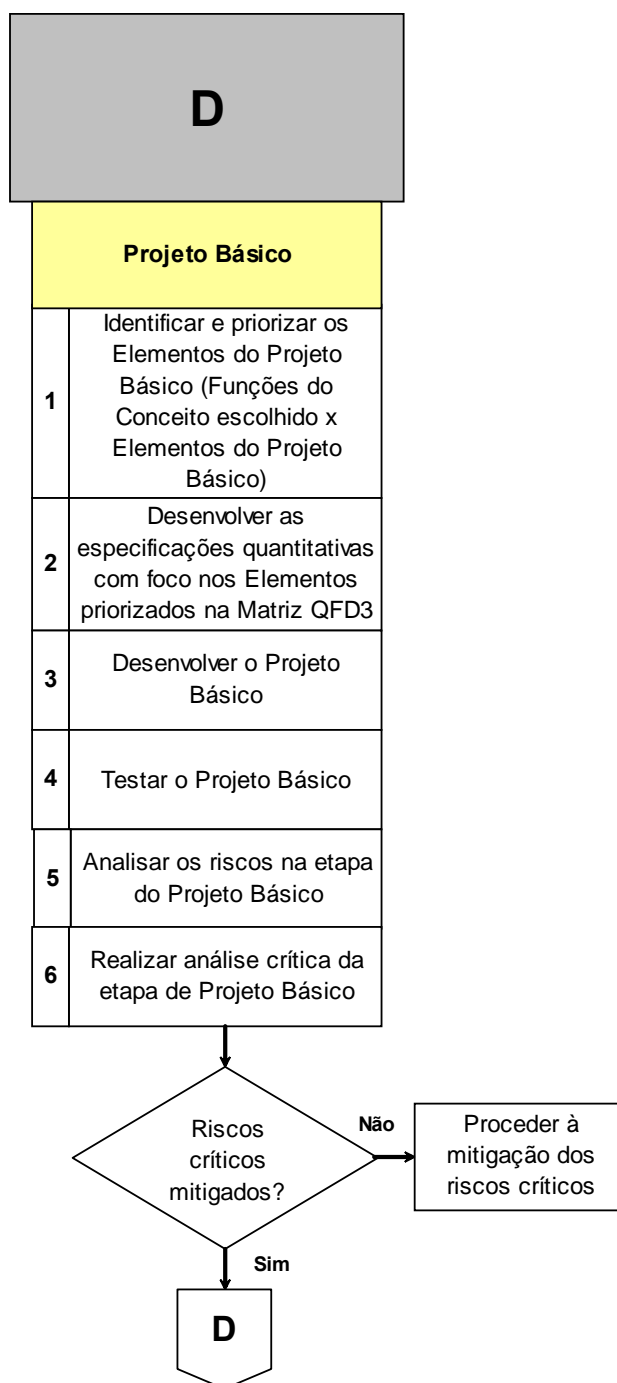


Fig. 4a – Etapa *Design*(Projeto Básico) do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Design (1)	Projeto Básico	Identificar e priorizar os Elementos do Projeto Básico (Funções do Conceito escolhido x Elementos do Projeto Básico)	.Matriz QFD3 (Elementos do Projeto Básico qualitativos)	-	.Lista dos Elementos do Projeto Básico priorizados na Matriz QFD3. Obs: A lista de Elementos do Projeto Básico deve considerar: a) Matéria prima; b) Processo; c) Sistemas de Informação; d) Sistemas Humanos; e) Equipamentos; f) Materiais, Facilidades e Suprimentos; g) Instalações prediais.
		Desenvolver as especificações quantitativas com foco nos Elementos priorizados na Matriz QFD3	-	-	.Lista de especificações quantitativas
		Desenvolver o Projeto Básico	-	-	.Documentos envolvendo os seguintes elementos: a) Matéria prima; b) Processo; c) Sistemas de Informação; d) Sistemas Humanos; e) Equipamentos; f) Materiais, Facilidades e Suprimentos; g) Instalações prediais.
		Testar o Projeto Básico	.Simulações; .Protótipos.	-	.Validação do Projeto Conceitual e Projeto Básico.
		Analisar os riscos na etapa do Projeto Básico	.FMEA	.APR; .HAZOP; .Avaliações Quantitativas: Estudos de dispersão de gases, propagação de incêndio e explosão, etc; .EERA: Resgate e Abandono; .PPRA/PCMSO; .EIA; .Gestão de Mudanças.	.Lista de recomendações para mitigação dos riscos relacionados aos Elementos do Projeto Básico; .Etapa inicial de produtos para a etapa "Verify" e SDCA (PPRA, APR, etc). Atualizar: .Plano de Gerenciamento de Riscos.
		Realizar Análise Crítica da etapa de Projeto Básico	Lista de Verificação de revisão do portão	-	.Potenciais impedimentos legais, ambientais e tecnológicos; .Adequada execução de todas as atividades da etapa de Projeto Básico e obtenção de resultado favorável; Atualizar: .Plano do Projeto; .Decisão de passar ou não para a próxima etapa.

Tab. 4a – Etapa de Projeto Básico do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

A sub-etapa de Projeto de Detalhamento

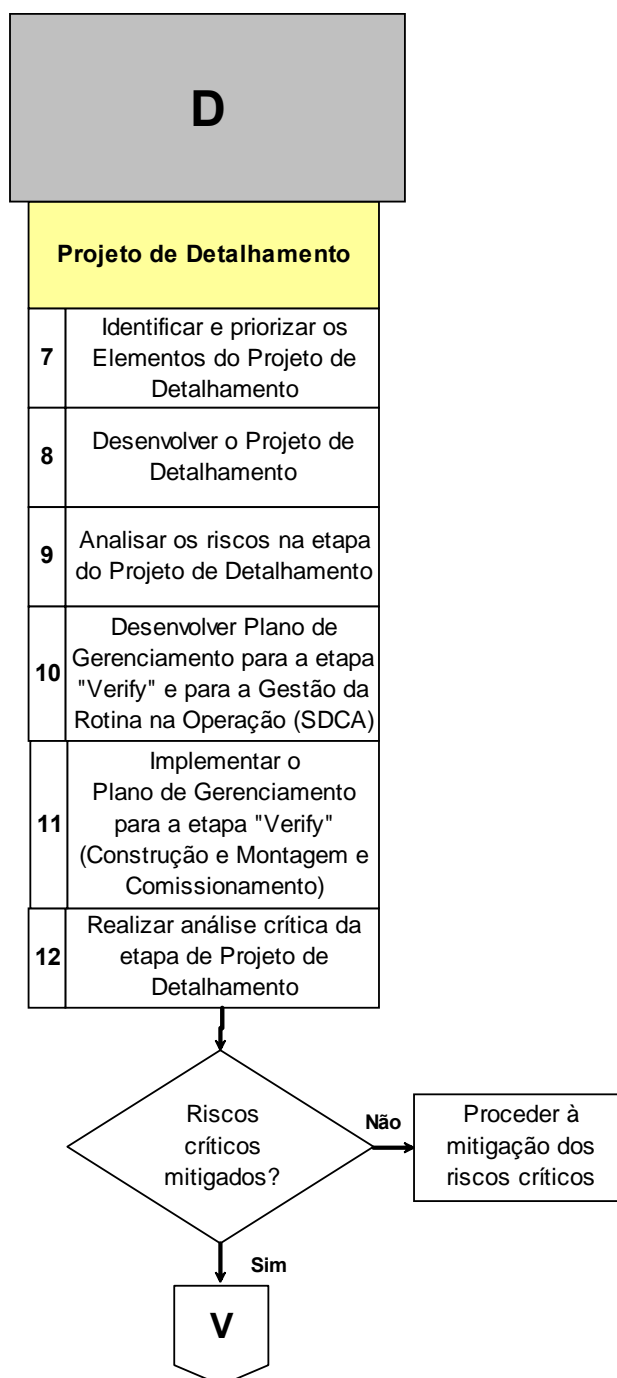
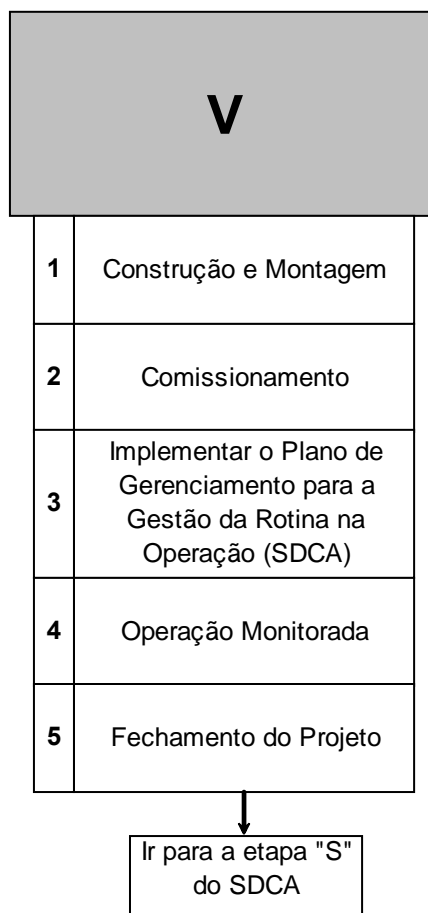


Fig. 4b – Etapa *Design* (Projeto de Detalhamento) do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Design (2)	Projeto de Detalhamento	Identificar e priorizar os Elementos do Projeto de Detalhamento	Matriz QFD4 (Elementos do Projeto de Detalhamento quantitativos)	-	.Lista dos Elementos do Projeto de Detalhamento priorizados na Matriz QFD4. Obs: A lista de Elementos do Projeto de Detalhamento deve considerar: a) Matéria prima; b) Processo; c) Sistemas de Informação; d) Sistemas Humanos; e) Equipamentos; f) Materiais, Facilidades e Suprimentos;
		Desenvolver o Projeto de Detalhamento	-	-	.Documentos envolvendo o desdobramento dos Elementos do Projeto Básico: a) Matéria prima; b) Processo; c) Sistemas de Informação; d) Sistemas Humanos; e) Equipamentos; f) Materiais, Facilidades e Suprimentos; g) Instalações prediais.
		Analisar os riscos na etapa do Projeto de Detalhamento. Considerar a etapa "Verify" e a Gestão da Rotina na Operação (SDCA)	.FMEA	.APR + APP (Tarefas); .HAZOP; .Avaliações Quantitativas e Análise de Consequências: Estudos de dispersão de gases, propagação de incêndio e explosão, etc; .EERA: Resgate e Abandono; .PPRA/PCMSO; .EIA; .ISEA; .Avaliação Ergonômica; .APN-2; .Gestão de Mudanças.	.Lista de recomendações para mitigação dos riscos relacionados aos elementos projetados; .Produtos para a etapa "Verify" e SDCA (PPRA, APR, APN-2, etc). Atualizar: .Plano de Gerenciamento de Riscos.
		Desenvolver Plano de Gerenciamento para a etapa "Verify" e para a Gestão da Rotina na Operação (SDCA)	.Planos de Gerenciamento: a) Para a etapa "Verify" (Construção e Montagem); b) Gestão da Rotina (SDCA) (Operação).	-	.Plano de Gerenciamento para a etapa "Verify" e o SDCA: inclui, entre outros, Matriz de Capacitação, Procedimentos Operacionais, Plano de Manutenção, PPRA/PCMSO.
		Implementar o Plano de Gerenciamento para a etapa "Verify" (Construção e Montagem e Comissionamento)	.Plano de Gerenciamento do Projeto para a etapa "Verify".	-	.Produtos do Plano de Gerenciamento do Projeto para a etapa "Verify": Considerar, entre outros: .PPRA/PCMSO; .Treinamentos; .Procedimentos Operacionais; .Recomendações das Análises de Riscos.
		Realizar análise crítica da etapa de Projeto de Detalhamento	Lista de Verificação de revisão do portão	-	.Apresentação de análise crítica da etapa de Projeto de Detalhamento; .Plano do Projeto atualizado; .Decisão de passar ou não para a próxima etapa.

Tab. 4b – Etapa de Projeto de Detalhamento do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

A etapa “Verify”**Fig. 5 – Etapa *Verify* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)**

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
V: Verify	1	Construção e Montagem	.Plano de Gerenciamento do Projeto.	.Produtos do Plano de Gerenciamento do Projeto para a etapa "Verify". Considerar, entre outros: .DDSMS; .PT (PN-1 e APN-2); .ECT; .Auditorias Comportamentais; .PPRA/PCMSO.	.Montar a nova instalação dentro dos critérios de excelência em SMS.
	2	Comissionamento	.Plano de Gerenciamento do Projeto.	.Produtos do Plano de Gerenciamento do Projeto para a etapa "Verify". Considerar, entre outros: .DDSMS; .PT (PN-1 e APN-2); .ECT; .Auditorias Comportamentais; .PPRA/PCMSO.	.Partida da planta com avaliação se as CTQs foram atendidas. .Lista de Verificação de atendimento às recomendações de SMS para a entrega do empreendimento à operação.
	3	Implementar o Plano de Gerenciamento para a Gestão da Rotina na Operação (SDCA)	.Plano de Gerenciamento do Projeto para a Gestão da Rotina (SDCA).	-	.Produtos do Plano de Gerenciamento do Projeto para a Gestão da Rotina (SDCA). Considerar, entre outros: .PPRA/PCMSO; .Treinamentos; .Procedimentos Operacionais; .Plano de Manutenção.
	4	Operação Monitorada	.Plano de Gerenciamento do Projeto.	.Produtos do Plano de Gerenciamento do Projeto para a etapa "Verify". Considerar, entre outros: .DDSMS; .Padrão de Execução com APP da Tarefa; .PT (PN-1 e APN-2); .ECT; .Auditorias Comportamentais; .PPRA/PCMSO.	.Monitorar a planta para corrigir problemas. .Lista de Verificação de atendimento às recomendações de SMS para a entrega do empreendimento à operação.
	5	Fechamento do Projeto	.Realizar análise crítica da etapa "Verify".	-	.Documentação atualizada; .Lições aprendidas; .Lista de recomendações.

Tab. 5 – Etapa *Verify* do DMADV (adaptado de Ginn;Streibel;Varner, 2004)

O PROCESSO DE MELHORIA DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS
EXISTENTES (DMAIC)

A etapa “*Define*”

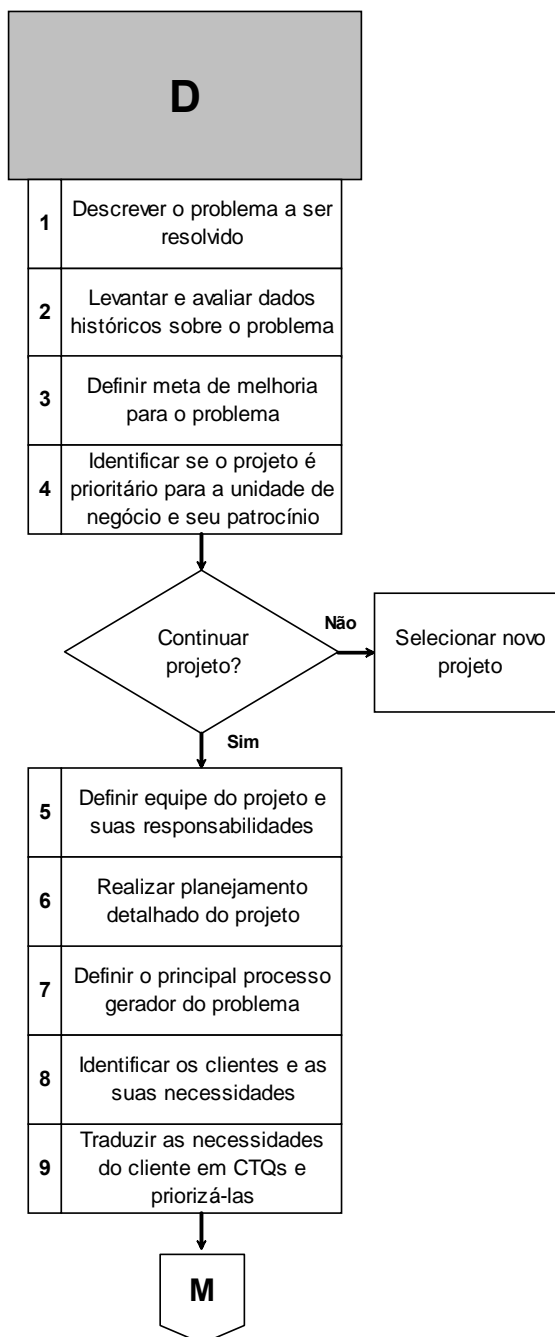


Fig. 6 – Etapa *Verify* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar, 2002)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
D: Define	1	Descrever o problema a ser resolvido	.Mapa de Raciocínio (manter atualizado durante todas as etapas do DMAIC); .Project Charter.	-	Esclarecimento sobre o problema a ser resolvido.
	2	Levantar e avaliar dados históricos sobre o problema	.Gráfico Sequencial; .Carta de Controle; .Análise de Séries Temporais; .Project Charter.	-	.Levantamento de dados quantitativos sobre o problema e avaliar as medidas históricas de posição e variabilidade.
	3	Definir meta de melhoria para o problema	.Project Charter.	-	Estabelecimento de meta de melhoria em função dos dados históricos do problema.
	4	Identificar se o projeto é prioritário para a unidade de negócio e se será patrocinado pelos gestores envolvidos.	.Project Charter.	-	.Decisão sobre a continuidade do projeto; .Lista dos patrocinadores.
	5	Definir a equipe do projeto e suas responsabilidades.	.Project Charter.	-	.Lista dos participantes do projeto e responsabilidades.
	6	Realizar planejamento detalhado do projeto	.Plano do Projeto; .Plano de Mudança Organizacional; .Plano de Gerenciamento de Riscos do Projeto; .Project Charter.	-	.Plano do Projeto: cronograma preliminar; .Plano de Mudança Organizacional: analisar se os stakeholders estão preparados para suportar o projeto e plano de comunicação da mudança; .Plano de Gerenciamento de Riscos: levantar os riscos de insucesso do projeto e plano de remediação. Obs: O Plano de Mudanças Organizacionais e o Plano de Gerenciamento de Riscos pertencem ao Plano do Projeto.
	8	Definir o principal processo gerador do problema	.SIPOC; .Mapa do Processo.	-	.Mapa macro do processo gerador do problema (SIPOC); .Mapa detalhado do processo gerador do problema (Mapa do Processo).
	9	Identificar os clientes e as suas necessidades	.Voz do Cliente (VOC); .Fontes reativas: .Reclamações do cliente; .Fontes pró-ativas: .Entrevistas; .Grupos foco; .Visitas técnicas; .Tabela VOC; .Diagrama de afinidades; .Modelo Kano	.Registros de acidentes, incidentes e desvios; .Resultados de Auditorias de SMS; .Procedimentos operacionais da área; .Legislação aplicável; .Indicadores de SMS; .Análise de riscos da tarefa e das instalações e equipamentos; .PPRA/PCMSO.	.Lista dos clientes internos e externos do processo; .Ouvir os clientes sobre quais são as suas necessidades em relação ao produto; .Lista das necessidades dos clientes.
	10	Traduzir as necessidades do cliente em CTQs e priorizá-las	.Árvore de CTQs	-	.Lista das CTQs priorizadas para o produto ou serviço

Tab. 6 – Etapa *Define* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar, 2002)

A etapa “Measure”

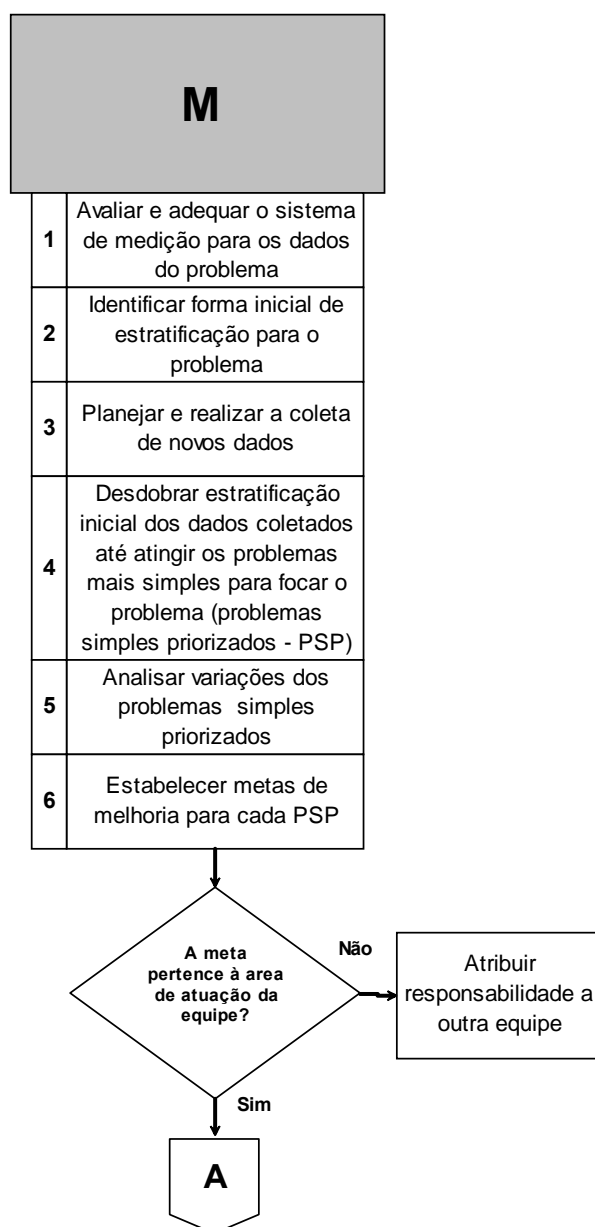
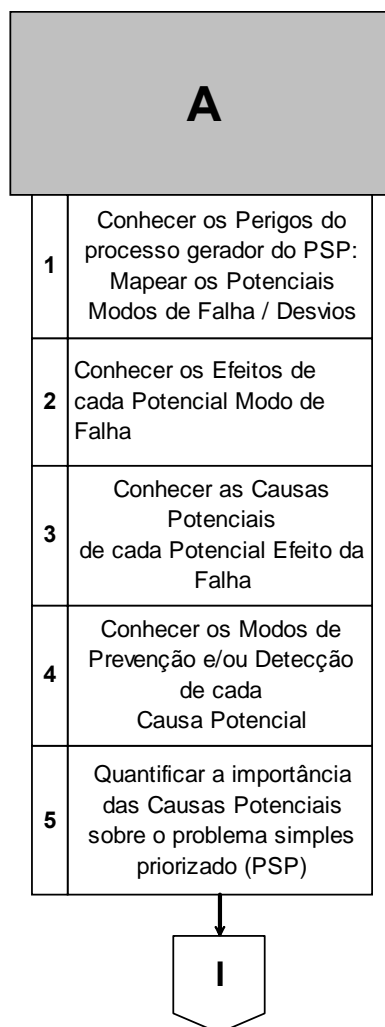


Fig. 7 – Etapa *Measure* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar, 2002)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
M: Measure	1	Avaliar e adequar sistema de medição para os dados do problema	.Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção.	-	.Sistema de Medição/Inspeção adequado.
	2	Identificar forma inicial de estratificação para o problema	-	-	.Decisão de estratificação dos dados por: tempo, local, tipo, sintoma, indivíduo.
	3	Planejar e realizar a coleta de novos dados	.Plano de Coleta de Dados; .Folha de Verificação.	-	.Dados coletados e estratificados
	4	Desdobrar estratificação inicial dos dados coletados até atingir os problemas mais simples para focar o problema (problemas simples priorizados - PSP)	.Gráfico de Estratificação; .Gráfico de Pareto.	-	.Problema focado: Problema inicial desdobrado em problemas mais simples.
	5	Analisar variações dos problemas simples priorizados	.Gráfico Sequencial; .Carta de Controle; .Histograma; .Boxplot; .Índices de Capacidade; .Métricas do Seis Sigma.	-	.Avaliação do atendimento às especificações; .Avaliação de controle e capacidade do processo.
	6	Estabelecer metas específicas para cada problema simples priorizado	-	-	.Estabelecimento de meta de melhoria específicas. Obs: O somatório destas metas deve atender à meta geral do projeto definida no item 3 da etapa "Define".
	7	Avaliar se as metas específicas pertencem à área de atuação da equipe	-	-	.Atribuição de responsabilidade de atingimento de metas específicas a outras equipes

Tab. 7 – Etapa *Measure* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004; Rath;Strong, 2006; Aguiar, 2002)

A etapa “Analyse”**Fig. 8 – Etapa *Analyse* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)**

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
A: Analyse	1	Conhecer os Perigos do processo gerador do PSP: Mapear os Potenciais Modos de Falha / Desvios	.Fluxograma; .Mapa do Processo; .FMEA; .FTA.	.Gravação em vídeo da Tarefa para análise; .Padrões de Processo (PP); .Especificações Técnicas (ET); .Padrão de Execução da Tarefa com APR da Tarefa; .APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	Análise do processo gerador do problema simples priorizado; .Lista dos Potenciais Modos de Falha (Perigos).
	2	Conhecer os Efeitos de cada Potencial Modo de Falha: a) Mapear um ou mais Potenciais Efeitos da Falha (Impactos / Lesões) para cada Perigo; b) Determinar a Severidade para cada um dos Potenciais Efeitos da Falha.	1) Dados contínuos: .Avaliação de Sistemas de Medição; .Estratificação; .Diagrama de Dispersão; .Histograma; .Boxplot; 2) Dados discretos: .Avaliação de Sistemas de Inspeção por Atributos; .Estratificação; .Gráfico de Pareto; .FMEA; .Escala de Severidade.	.Histórico de Desvios, Incidentes e Acidentes; .APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Lista dos Potenciais Efeitos da Falha (Impactos / Lesões); .Determinação da Severidade de cada um dos Potenciais Efeitos da Falha.
	3	Conhecer as Causas Potenciais de cada Potencial Efeito da Falha: a) Mapear uma ou mais Causas Potenciais para cada Potencial Efeito da Falha (Impacto / Lesões); b) Determinar a Frequência de Ocorrência para cada Causa Potencial.	.Brainstorming; .Diagrama de Causa e Efeito; .Diagrama de Afinidades; .Matriz de Priorização; .FMEA; .Escala de Frequência; .FTA.	.APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Lista das Causas Potenciais; .Determinação da Frequência de cada uma das Causas Potenciais.
	4	Conhecer os Modos de Prevenção e/ou Detecção de cada Causa Potencial: a) Mapear um ou mais Modos de Prevenção e/ou Detecção para cada Causa Potencial; b) Determinar o Grau de Prevenção e/ou Detecção para cada Modo de Prevenção e/ou Detecção.	.Brainstorming; .Diagrama de Causa e Efeito; .Diagrama de Afinidades; .Matriz de Priorização; .FMEA; .Escala de Prevenção e/ou Detecção.	.APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Lista das Modos de Prevenção e/ou Detecção; .Determinação do Grau de Prevenção e/ou Detecção de cada uma das Causas Potenciais.
	5	Quantificar a importância das Causas Potenciais sobre o problema simples priorizado (PSP)	Análise Qualitativa: .Cálculo do Risco: Severidade x Frequência x Grau de Prevenção e/ou Detecção; .Matriz de Risco. E quando possível e se necessário: Análise Quantitativa: .Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção; .Carta de Controle; .Intervalos de Confiança; .Testes de Hipóteses; .Análise de Variância; .Diagrama de Dispersão; .Análise de Regressão; .Planejamento de Experimentos (DOE).	.APR da Tarefa; .APR.	.Grau de Risco das Causas Potenciais; .Validação quantitativa das causas Potenciais dos problemas simples priorizados.

Tab. 8 – Etapa *Analyse* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)

A etapa “*Improve*”

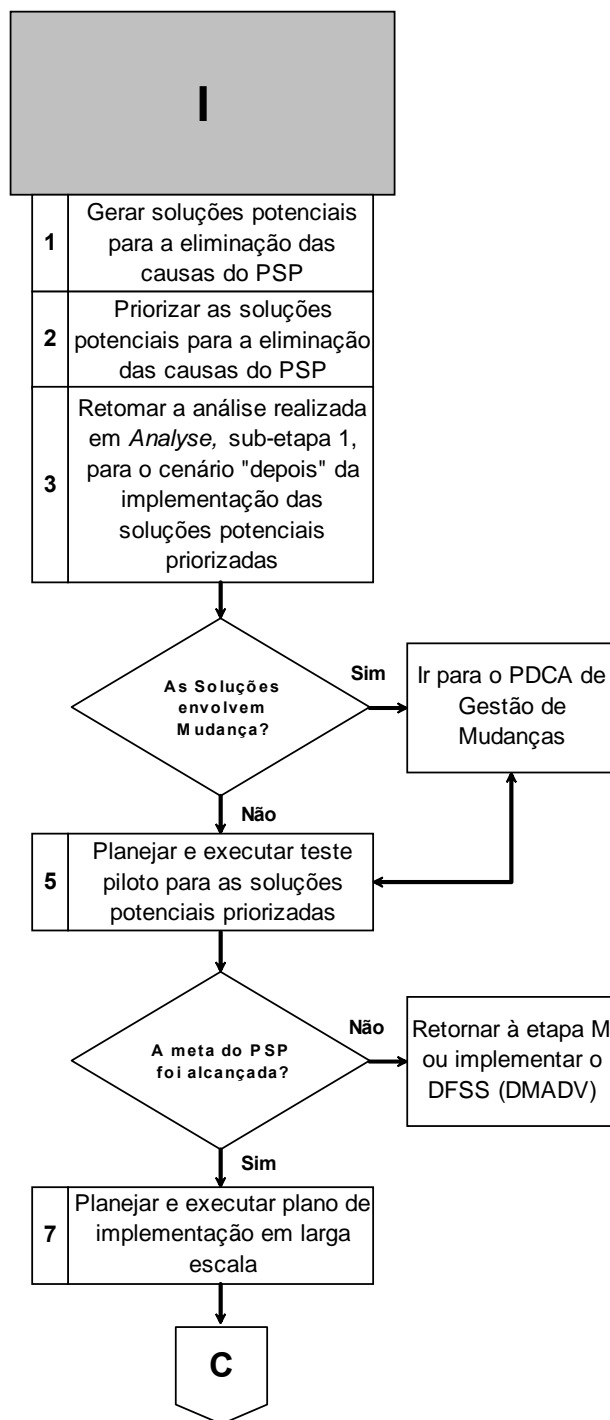


Fig. 9 – Etapa *Improve* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
I: Improve	1	Gerar soluções potenciais para a eliminação das causas do problema simples priorizado	.Brainstorming; .Diagrama de Causa e Efeito; .Diagrama de Afinidades.	.APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Lista de soluções potenciais.
	2	Priorizar as soluções potenciais para a eliminação das causas do problema simples priorizado	.Matriz de Priorização.	.APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Lista de soluções potenciais priorizadas.
	3	Retomar a análise realizada em <i>Analyse</i> , sub-etapa 1, para o cenário "depois" da implementação das soluções potenciais priorizadas	.FMEA; .FTA.	.APR da Tarefa; .APR; .HAZOP.	.Avaliar a redução do Grau de Risco das Causas depois que as soluções priorizadas estiverem implementadas.
	4	Verificar se as soluções potenciais priorizadas envolvem Mudança no processo	-	.GIM	.Verificar se há necessidade de Gestão de Mudanças na implementação das soluções potenciais priorizadas: se positivo, ir para o PDCA de Gestão de Mudanças.
	5	Planejar e executar teste piloto para avaliação das soluções potenciais priorizadas	.Testes piloto na área operacional; .Simulações	-	.Validação das soluções potenciais priorizadas.
	6	Avaliar se a meta do problema simples priorizado foi alcançada no teste piloto	.Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (meta: reduzir as variações do sistema de medição); .Gráfico de Pareto; .Carta de Controle; .Intervalos de Confiança; .Teste de Hipóteses; .Boxplots; .Histograma; .Índices de Capacidade; .Métricas do Seis Sigma; .Testes de Hipóteses para avaliação quantitativa da melhoria dos resultados.	-	.Validação das soluções potenciais priorizadas.
	7	Planejar e executar plano de implementação em larga escala	.5W2H; .Diagrama de Árvore; .Plano de ação com Diagrama de Gantt.	.PT / APN-2	.Soluções implementadas.

Tab. 9 – Etapa *Improve* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)

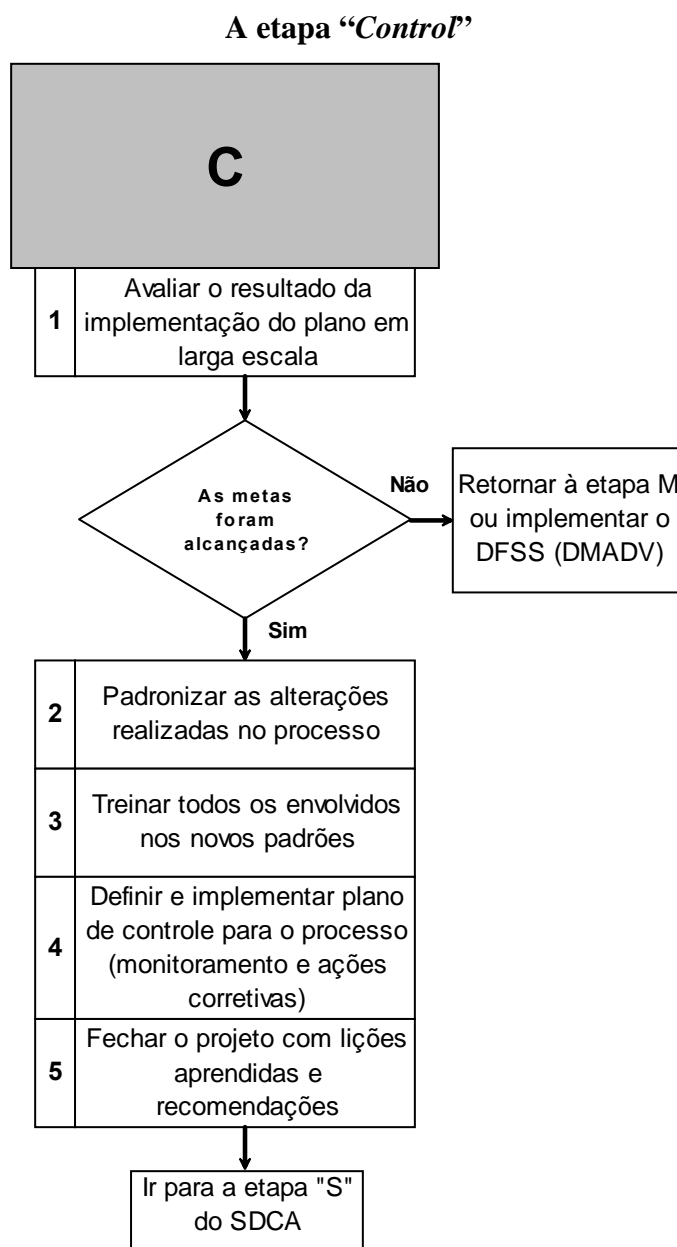


Fig. 10 – Etapa *Control* do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas Seis Sigma	Ferramentas de SMS	Produtos da atividade
C: Control	1	Avaliar o resultado da implementação do plano em larga escala	.Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (meta: reduzir as variações do sistema de medição); .Gráfico de Pareto; .Carta de Controle; .Intervalos de Confiança; .Teste de Hipóteses; .Boxplots; .Histograma; .Índices de Capacidade; .Métricas do Seis Sigma.	-	.Identificar se a implementação em larga escala foi bem sucedida.
	2	Padronizar as alterações realizadas no processo	.Poka-Yoke.	Revisão dos procedimentos das tarefas críticas através da VCP: .Padrão de Execução com APP da Tarefa; .Lista de Verificação. Revisão dos Estudos de Riscos dos equipamentos e processos críticos: .APR, HAZOP e FMEA. Revisão do PPRA/PCMSO.	.Documentação das soluções implementadas; .Aumento da robustez do processo (Poka-Yoke).
	3	Treinar todos os envolvidos nos novos padrões	.Treinamento em sala de aula; .Treinamento no trabalho.	.DDSMS (Lições ponto-a-ponto).	.Capacitar a força de trabalho nos novos procedimentos.
	4	Definir e implementar plano de controle para o processo (monitoramento e ações corretivas)	.Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção; .Plano para coleta de dados; .Folha de Verificação; .Amostragem; .Carta de Controle; .Histograma; .Índices de Capacidade; .Métricas do Seis Sigma; .Auditoria do uso dos procedimentos .Sistemática de registro de não conformidades e ações corretivas; .Plano de manutenção.	.Inspeções Planejadas de SMS; .Auditorias Comportamentais; .Sistemática de registro de acidentes, incidentes desvios e ações corretivas.	.Manter e consolidar os ganhos obtidos no processo de melhoria.
	5	Finalizar o projeto com registro das lições aprendidas e recomendações para futuros projetos de melhoria	.Project Charter.	-	.Documentar as lições aprendidas para novos ciclos de melhoria.

Tab. 10 – Etapa Control do DMAIC (adaptado de Werkema, 2004)

O PROCESSO DE CONTROLE DE PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS
EXISTENTES (SDCA)

A etapa de Processo Seguro (*Sustain*)

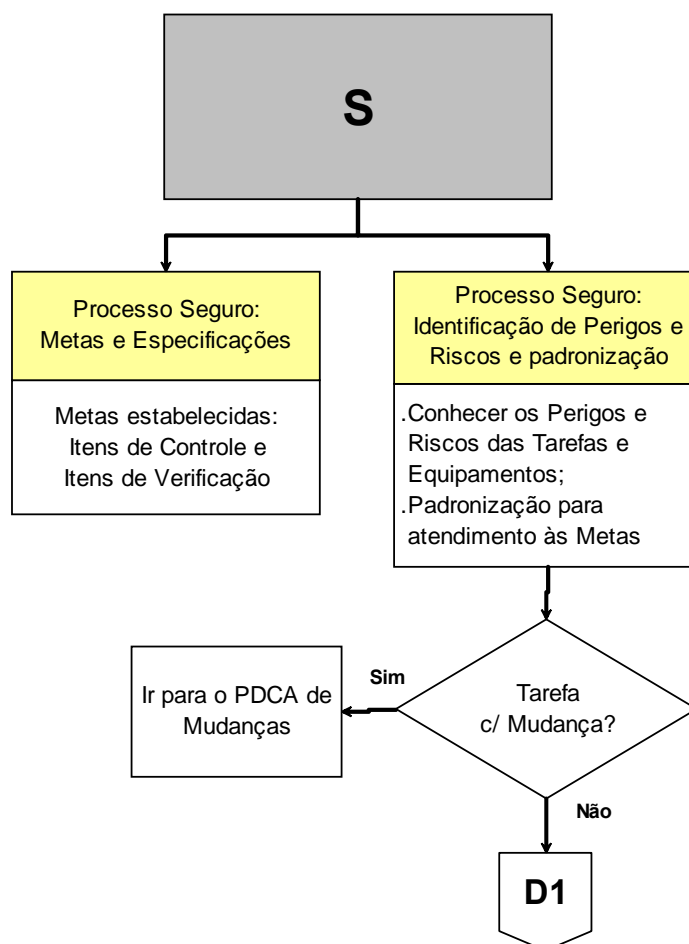
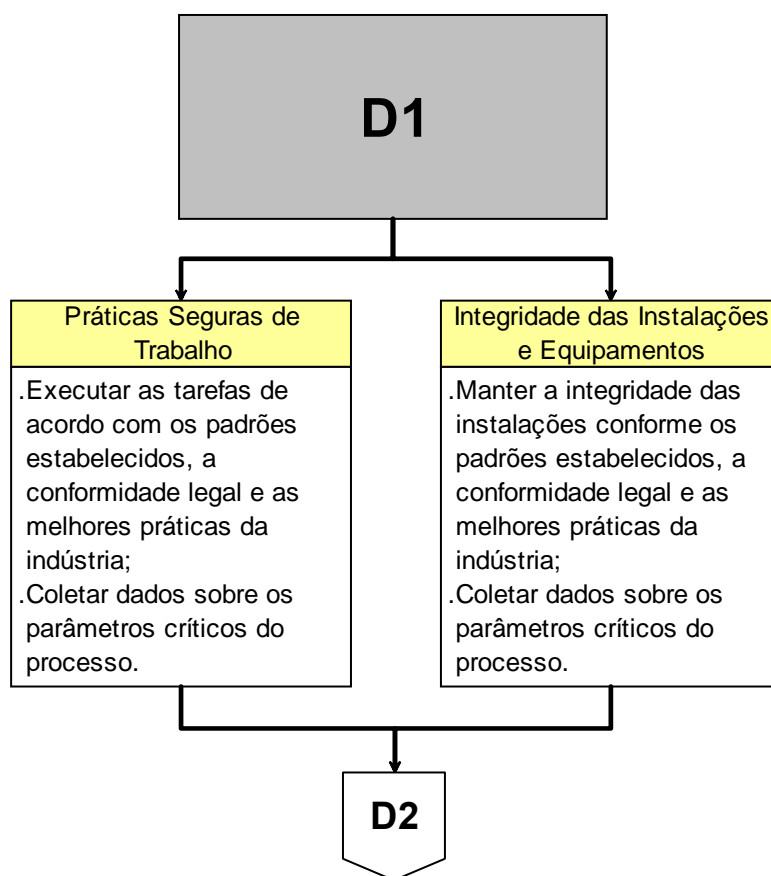


Fig. 11 – Etapa de Processo Seguro (*Sustain*) do SDCA (O autor)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade	
S: Processo Seguro	1	<p>Processo Seguro:</p> <p>Metas</p>	<p>Metas:</p> <p>Itens de Controle (produto) e Itens de Verificação (processo)</p>	<p>Itens de Controle:</p> <p>.Indicadores de Resultado para a gestão de SMS;</p> <p>.Itens de Controle das saídas do processo (produtos e sub-produtos);</p> <p>Itens de Verificação:</p> <p>.Indicadores de Processo para a gestão de SMS;</p> <p>.Itens de Verificação para o processo (6Ms).</p>	<p>.Benchmarking.</p>	<p>.Itens de Controle e Verificação estabelecidos para atingir a excelência em SMS.</p> <p>Obs: A meta para a taxa de acidentes é zero.</p>
	2	<p>Processo Seguro:</p> <p>.Identificação dos Perigos e Riscos das Tarefas e Equipamentos;</p> <p>.Medidas de Controle;</p> <p>.Padronização.</p>	<p>Conhecer os Perigos e Riscos das Tarefas e Equipamentos;</p> <p>Padronização das Medidas de Controle;</p> <p>Padrões para atendimento às Metas e Especificações.</p>	<p>1) Identificação dos Processos Críticos:</p> <p>.Mapa do(s) Processo(s);</p> <p>.Relação dos Equipamentos e Tarefas críticas com classificação de riscos.</p> <p>2) Tarefas:</p> <p>a) Rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis:</p> <p>.Padrão de Execução com APP da Tarefa;</p> <p>.Lista de Verificação.</p> <p>b) Não rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis:</p> <p>.Padrão de Execução com APP da Tarefa;</p> <p>Em intervenções:</p> <p>.PT / APN-1 / APN-2;</p> <p>.Lista de Verificação.</p> <p>c) Não rotineiras e com riscos toleráveis em intervenções:</p> <p>.PT / APN-1 / APN-2;</p> <p>.Lista de Verificação.</p> <p>3) Equipamentos:</p> <p>APR, HAZOP e FMEA.</p> <p>4) PPRA/PCMSO.</p> <p>5) Outros padrões:</p> <p>.Padrões Gerenciais (PG);</p> <p>.Padrões de Processo (PP);</p> <p>.Especificações Técnicas (ET);</p> <p>.Normas Técnicas Petrobras;</p> <p>6) Outras ferramentas:</p> <p>.Legislação aplicável;</p> <p>.Histórico de acidentes, incidentes e desvios;</p> <p>.Alertas de SMS;</p> <p>.FISPQ;</p> <p>.Sinalizações de SMS.</p>	<p>.Passagem de turno/leitura do livro de troca de turno;</p> <p>.Utilização dos 5 sentidos;</p> <p>.Conversa com as pessoas;</p> <p>.Benchmarking;</p> <p>.Estabelecimento de Medidas de Controle para Tarefas e Equipamentos;</p> <p>.Cartas de Controle.</p>	<p>.Identificar os perigos e riscos de contato, exposição ou situação perigosa envolvendo agentes mecânicos, físicos, químicos, biológicos e ergonômicos;</p> <p>.Medidas de Controle</p> <p>.Processo (6Ms) documentado com os melhores padrões da indústria para atingir as Metas e Especificações estabelecidas para atingir a excelência em SMS.</p>
	3	<p>Processo Seguro:</p> <p>Identificação de Mudanças</p>	<p>Identificar se a tarefa a ser realizada envolve Mudança no processo:</p> <p>.Máquina;</p> <p>.Mão de Obra;</p> <p>.Método;</p> <p>.Medição;</p> <p>.Matéria-prima;</p> <p>.Meio Ambiente.</p>	<p>Mudanças envolvem modificações em:</p> <p>.Instalações e Equipamentos;</p> <p>.Tecnologia (inclui padrões);</p> <p>.Pessoas.</p> <p>Pessoas:</p> <p>.GIM.</p> <p>Tarefas padronizadas:</p> <p>.GIM.</p> <p>Tarefas não padronizadas: (Intervenções)</p> <p>.APN-1 (para emissão de PT);</p> <p>.GIM.</p>	<p>-</p>	<p>.Identificar preventivamente se há Mudança antes da execução de determinadas tarefas;</p> <p>.Se caracterizada Mudança, encaminhar para o PDCA de Mudanças.</p>

Tab. 11 – Etapa de Processo Seguro (Sustain) do SDCA (O autor)

A etapa de Execução (Do)**Fig. 12a – Etapa de Execução (Do) do SDCA (O autor)**

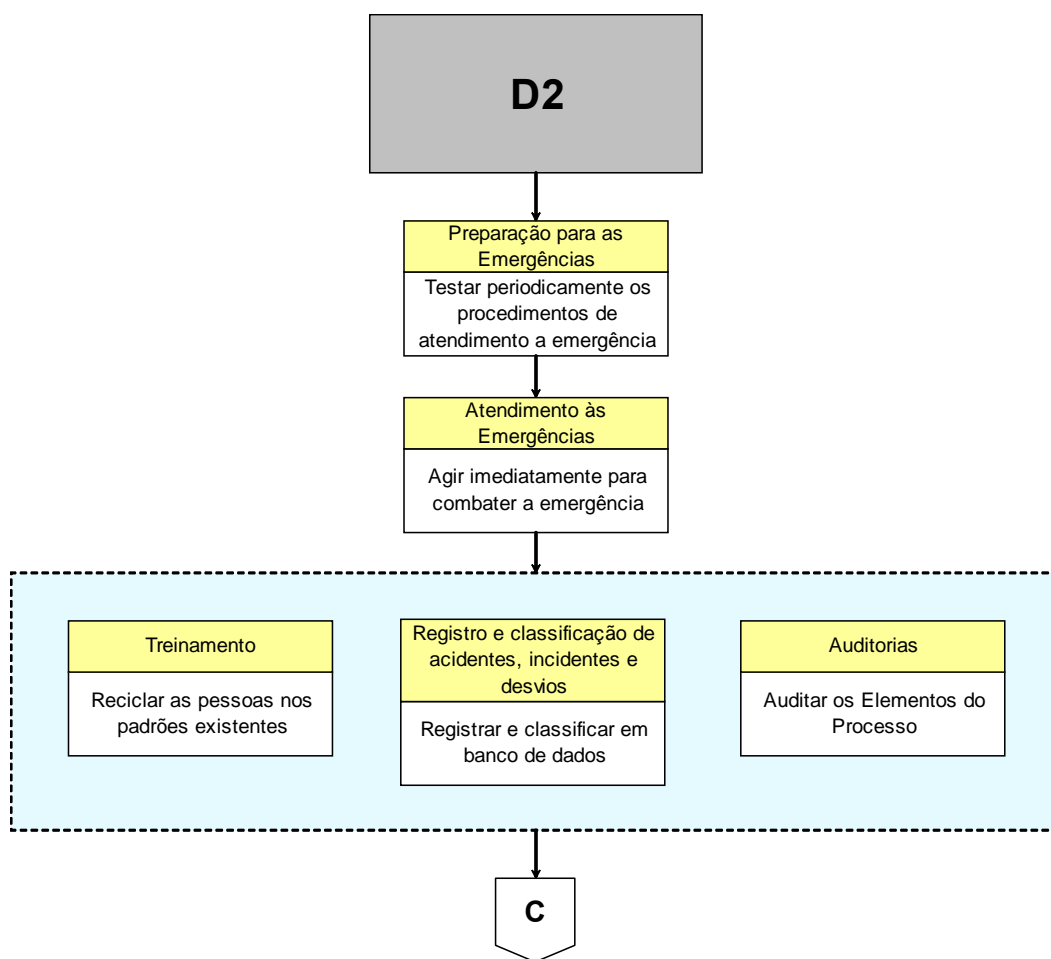


Fig. 12b – Etapa de Execução (Do) do SDCA (O autor)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade
D: Execução (1)	1	<p>Práticas Seguras de Trabalho para as Tarefas de Operação e Manutenção</p> <p>.Executar as tarefas de acordo com os padrões estabelecidos, a conformidade legal e as melhores práticas da indústria;</p> <p>.Executar Medidas de Controle;</p> <p>.Coletar dados sobre os parâmetros críticos do processo (Itens de Controle e Verificação).</p>	<p>0) DDSMS.</p> <p>1) Tarefas rotineiras com riscos moderados ou não toleráveis: .Padrão de Execução com APP da Tarefa; .Lista de Verificação.</p> <p>2) Tarefas não rotineiras com riscos moderados ou não toleráveis: .Padrão de Execução com APP da Tarefa;</p> <p>Em intervenções: .PT / APN-2; .ECT; .Lista de Verificação.</p> <p>3) Tarefas não rotineiras com riscos toleráveis em intervenções: .PT e APN-2; .ECT; .Lista de Verificação.</p>	<p>.Passagem de turno/leitura do livro de troca de turno; .Utilização dos 5 sentidos; .Conversa com as pessoas; .Execução de Medidas de Controle.</p>	<p>.Relato de acidentes, incidentes e desvios; .Abordagem para os desvios comportamentais; .Ação de disposição (ação imediata) para os desvios de condição insegura; .Controle do processo: levantamento de dados / disposição sobre os parâmetros críticos do processo para SMS (itens de verificação) tais como pressão, vazão, temperatura.</p>
	2	<p>Integridade das Instalações e Equipamentos</p> <p>.Manter a integridade das instalações e equipamentos conforme os padrões estabelecidos, a conformidade legal e as melhores práticas da indústria;</p> <p>.Coletar dados sobre os parâmetros críticos do processo (Itens de Controle e Verificação).</p>	<p>.Inspeções Planejadas de SMS.</p>	<p>Manutenção Corretiva e Preventiva; .Inspeção pela "Cor do Mês"; .TPM; .Cartas de Controle.</p>	<p>.Levantamento de não conformidades em instalações e equipamentos; .Correção dos desvios de equipamentos de ação imediata; .Controle do processo: levantamento de dados / disposição sobre os parâmetros críticos do processo para SMS (itens de verificação) tais como pressão, vazão, temperatura.</p>

Tab. 12a – Etapa de Execução 1 (Do) do SDCA (O autor)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade
D: Execução (2)	3	Preparação para Emergências Testar periodicamente o processo de atendimento às Emergências	.Simulados; .Planos de Emergência; .Inspeções em equipamentos de detecção e combate a emergências.	-	.Levantamento de não conformidades ocorridas nos simulados. Observações e recomendações de melhoria; .Preparação da organização para atuar em casos de emergência em diversos cenários nos Estudos de Risco, tais como: primeiros socorros em acidentes com a força de trabalho, vazamentos de óleo e gás e incêndio.
	4	Atendimento às Emergências Agir em com eficácia no combate às Emergências	.Planos de Emergência; .Estrutura Organizacional de Resposta (EOR); .Equipe médica e de primeiros socorros; .Equipe de salvatagem; .Brigada de incêndio; .Sistema de comunicação; .Sistema de detecção e alarmes; .Rotas de fuga; .Equipamentos de combate à emergências.	-	.Atendimento às emergências de modo eficaz; .Levantamento de não conformidades ocorridas nas emergências; .Observações e recomendações de melhoria.
	5	Registro e Classificação de Acidentes, Incidentes e Desvios Registrar e Classificar os Acidentes, Incidentes e Desvios levantados no Processo	.CAT; .Padrão de classificação de acidentes, incidentes e desvios (tabela de classificação); .Banco de Dados.	-	Classificação conforme padrão: .Acidentes: Classes 1, 2, 3, 4 e Fatal; .Incidentes: de ação imediata, comum e alto potencial; .Desvios: de ação imediata, comum, críticos e sistêmicos.
	6	Treinamento Reciclar as pessoas nos padrões existentes e suas responsabilidades	.Treinamento no local de trabalho (<i>on the job training</i>); .DDSMS (Lições ponto-a-ponto); .Treinamento em sala de aula; .Abordagem comportamental.	-	.Reciclagem das pessoas nos padrões existentes.
	7	Auditorias Auditar os elementos do Processo	.Auditorias Comportamentais; .Auditorias de Oportunidade; .Auditorias da NR-13; .Auditorias Internas; .Auditorias do PAG-SMS; .Auditorias de Terceiros: OHSAS 18001, ISO 14000. .Auditorias do MTE; .Auditorias da Marinha; .Auditorias de PT; .Auditorias de Seguros.	.Auditorias do Sistema de Gestão.	.Levantamento e registro de não conformidades; .Correção dos desvios comportamentais e de condição de ação imediata; .Correção das não conformidades de ação imediata; .Registros de melhores práticas, recomendações e observações.

Tab. 12b – Etapa de Execução 2 (Do) do SDCA (O autor)

A etapa de Verificação (*Check*)

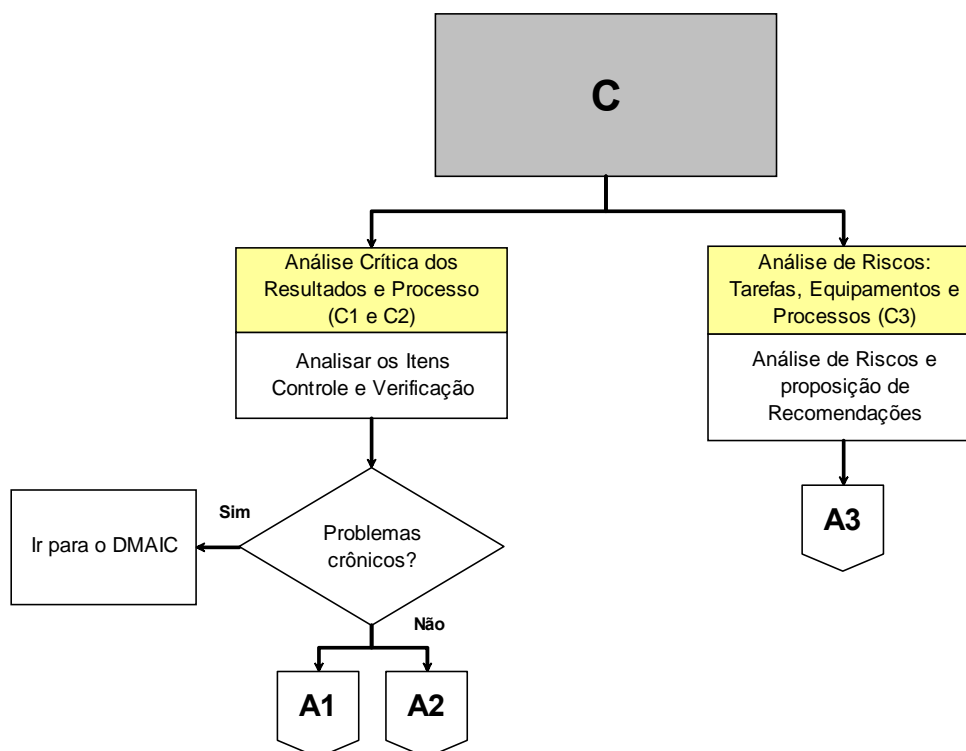


Fig. 13 – Etapa de Verificação (*Check*) do SDCA (O autor)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade
C: Verificação	1	Análise Crítica dos Resultados (C1) Analisar os Itens de Controle	<p>.Análise crítica dos resultados do processo (saídas: produtos e sub-produtos): avaliação dos Itens de Controle.</p> <p>Itens de Controle: 1) Indicadores de Resultado da gestão de SMS. Exemplo: .Taxas de acidentes e doenças;</p> <p>2) Itens de Controle das saídas do processo (produtos e sub-produtos). Exemplo: .Registro de acidentes e incidentes.</p>	<p>.Cartas de Controle; .Intervalos de Confiança; .Teste de Hipóteses; .Boxplots; .Gráfico Sequencial; .Gráficos de Pareto; .Métricas do Seis Sigma.</p>	<p>.Análise de tendências dos resultados do processo e/ou CEP.</p> <p>.Identificação e análise preliminar das anomalias geradas pelo processo: Acidentes e doenças (análise segundo padrão): ir para Etapa "A", Sub-etapa 1 (A1).</p> <p>.CEP: a) Fora de controle (causas especiais): ir para Etapa "A", sub-etapa 2 (A2); b) Sob controle (apenas causas comuns - problemas crônicos): ir para o DMAIC.</p>
	2	Análise Crítica do Processo (C2) Analisar os Itens de Verificação	<p>.Análise crítica do processo (6Ms): Avaliação dos Itens de Verificação;</p> <p>Itens de Verificação: 1) Indicadores de Processo para a gestão de SMS. Exemplo: .Percentual de desvios críticos tratados sobre o total levantado;</p> <p>2) Itens de Verificação do processo (6Ms). Exemplo: .Registros de desvios; .Registros de não conformidades em inspeções planejadas; .Registros de não conformidades de auditorias.</p>	<p>.Cartas de Controle; .Intervalos de Confiança; .Teste de Hipóteses; .Boxplots; .Gráfico Sequencial; .Gráficos de Pareto; .Métricas do Seis Sigma.</p>	<p>.Análise de tendências dos resultados do processo e/ou CEP.</p> <p>.Identificação e análise preliminar das anomalias geradas pelo processo: Desvios e não conformidades (análise segundo padrão): ir para Etapa "A", Sub-etapa 1 (A1).</p> <p>.CEP: a) Fora de controle (causas especiais): ir para Etapa "A", sub-etapa 2 (A2); b) Sob controle (apenas causas comuns - problemas crônicos): ir para o DMAIC.</p>
	3	Análise de Riscos: Tarefas, Equipamentos e Processos (C3) Análise de Riscos periódica para Tarefas, Equipamentos e Processos	<p>Tarefas rotineiras e não rotineiras com riscos moderados e não toleráveis: .Padrão de Execução com APP da Tarefa (revisão através da VCP a cada 2 anos); .PPRA/PCMSO (revisão anual).</p> <p>Equipamentos e Processos críticos: APR, HAZOP e FMEA (revisão mínima a cada 5 anos); PPRA/PCMSO (revisão anual)</p> <p>Ferramentas de consulta: .Legislação aplicável; .Mapa do Processo; .Histórico de Mudanças; .Estudos de Riscos existentes; .Registros de acidentes, incidentes e desvios.</p>	-	<p>.Avaliar os riscos e propor recomendações (ações corretivas);</p> <p>.Tarefas: Identificar os perigos de contato, exposição ou situação perigosa envolvendo agentes mecânicos, físicos, químicos, biológicos ou ergonômicos.</p> <p>.Equipamentos e Processos: Identificar os Perigos e avaliar os Riscos.</p> <p>.Critério ALARP: Riscos Não-toleráveis e Moderados: ir para a Etapa "A", Sub-etapa 3 (A3).</p>

Tab. 13 – Etapa de Verificação (Check) do SDCA (O autor)

A etapa de Ação Corretiva (*Act*)

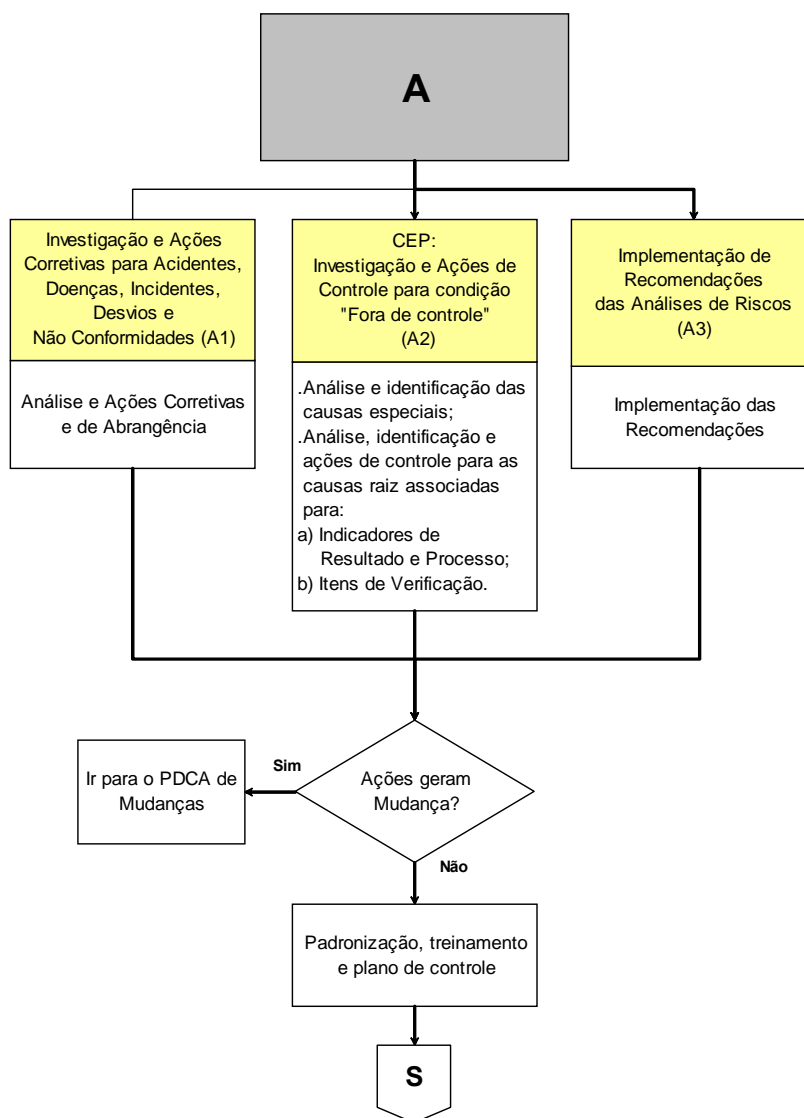


Fig. 14 – Etapa de Ação Corretiva (*Act*) do SDCA (O autor)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas do Processo de Controle e Seis Sigma	Produtos da atividade	
A: Ação Corretiva	1	Investigação e Ações Corretivas para Acidentes, Doenças, Incidentes, Desvios e Não Conformidades (A1) Vindo de C1 e C2	Análise, ação corretiva e abrangência: .Investigação pontual e ações corretivas; .Análise de abrangência das ações corretivas para demais processos e localidades quando aplicável.	.Registro de não conformidades; .Registro de acidentes, incidentes e desvios; .Visita ao local do evento; .Entrevistas; .Linha do Tempo; .Árvore de Falhas; .Árvore dos Porquês.	.Plano de Ação (5W1H); .Análise das idéias geradas pelas pessoas através do Programa de Sugestões; .Implementação e priorização das ações corretivas em condições inseguras através do Kanban; .Poka-yoke.	Implementação de: Ações corretivas pontuais e abrangentes para as causas raiz.
	2	CEP: Investigação e Ações Corretivas para condição "Fora de controle" (A2) Vindo de C1 e C2	.Análise e identificação das causas especiais; .Análise, identificação e ações de controle para as causas raiz associadas para: a) Indicadores de Resultado e Processo; b) Itens de Verificação.	.Visita ao local do evento; .Entrevistas; .Árvore dos Porquês.	.Diário de Bordo das Cartas de Controle; .Brainstorming; .Diagrama de Causa e Efeito; .Plano de Ação (5W1H); .Análise das idéias geradas Programa de Sugestões; .Auditoria de desvios focada nas causas especiais dos acidentes; .Implementação e priorização das ações corretivas em condições inseguras através do Kanban; .Poka-yoke.	Identificação das causas especiais e das causas raiz associadas; Implementação de: Ações de controle para as causas raiz; Processo sob-controle.
	3	Implementação das Recomendações das Análises de Riscos (A3) Vindo de C3	.Implementação das Recomendações.	.Recomendações das Análises de Risco.	.Plano de Ação (5W1H); .Análise das idéias geradas pelas pessoas através do Programa de Sugestões; .Implementação e priorização das ações corretivas em condições inseguras através do Kanban; .Poka-yoke.	Implementação de: Recomendações das Análises de Riscos.
	4	Padronizar as correções realizadas no processo (em função de A1, A2 e A3)		Revisão dos procedimentos das tarefas críticas através da VCP: .Padrão de Execução com APP da Tarefa; .Lista de Verificação. Revisão dos Estudos de Riscos dos equipamentos e processos críticos: .APR, HAZOP e FMEA. Revisão do PPRA/PCMSO.	.Poka-Yoke.	.Documentação das soluções implementadas; .Aumento da robustez do processo (Poka-Yoke).
	5	Treinar todos os envolvidos nos novos padrões (em função de A1, A2 e A3)		.DDSMS (Lições ponto-a-ponto).	.Treinamento em sala de aula; .Treinamento no trabalho.	.Capacitar a força de trabalho nos procedimentos revisados.
	6	Definir e implementar plano de controle para o processo (monitoramento e ações corretivas)		.Inspeções Planejadas de SMS; .Auditorias Comportamentais.	.Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção; .Plano para coleta de dados; .Folha de Verificação; .Amostragem; .Carta de Controle; .Histograma; .Índices de Capacidade; .Métricas do Seis Sigma; .Auditoria do uso dos procedimentos .Revisão do Plano de Manutenção.	.Manter e consolidar os ganhos obtidos no processo de controle.

Tab. 14 – Etapa de Ação Corretiva (Act) do SDCA (O autor)

O PROCESSO DE GESTÃO DE MUDANÇAS EM PROCESSOS, PRODUTOS E SERVIÇOS EXISTENTES (PDCA DE MUDANÇAS)

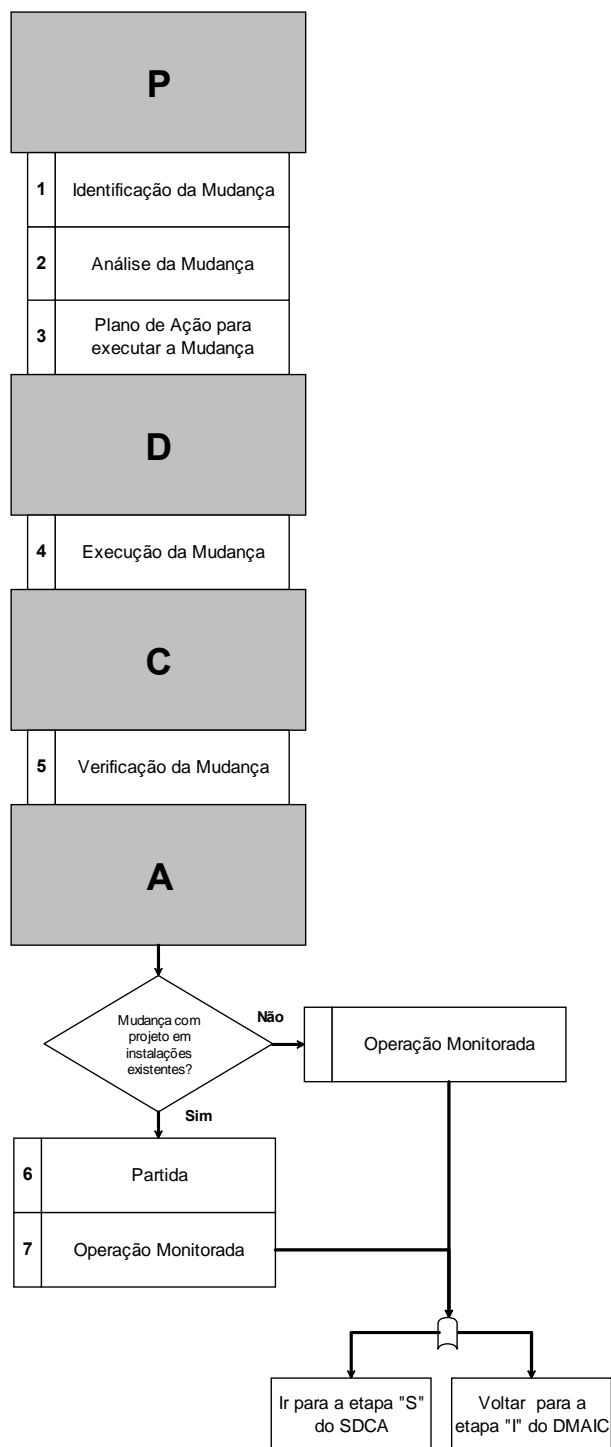


Fig. 15 – O PDCA de Mudanças (O Autor)

A etapa de Planejamento (*Plan*)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas da Gestão da Rotina	Produtos da atividade
P: Planejamento	1	Identificação de Mudanças Identificar se a tarefa a ser realizada envolve Mudança no processo: .Máquina; .Mão de Obra; .Método; .Medição; .Matéria-prima; .Meio Ambiente.	Mudanças envolvem modificações em: .Instalações e Equipamentos; .Tecnologia (inclui procedimentos operacionais); .Pessoas. a) Tarefas Rotineiras e Instalações, Equipamentos e Tecnologia (Especificações e Padrões): .GIM. b) Pessoas: .GIM. c) Tarefas Não Rotineiras: (Intervenções) .APN-1 (para emissão de PT); .GIM.	Melhoria Contínua do Sistema de Gestão através das Normas aplicáveis (OHSAS 18001, ISO 14001); .Plano de Sugestões (novas idéias para melhoria); .Manutenção Corretiva e Preventiva.	Identificar preventivamente se há Mudança antes das melhorias; .Se caracterizada Mudança, ir para a Etapa 2.
	2	Análise da Mudança .Conhecer as necessidades dos clientes / stakeholders; .Avaliar os riscos da Mudança; .Gerar recomendações.	.FAM (Lista de Verificação: itens a serem analisados); 1) Tarefas: a) Rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis: .Padrão de Execução com APP da Tarefa; .Lista de Verificação. b) Não rotineiras e com riscos moderados ou não toleráveis: .Padrão de Execução com APP da Tarefa; Em intervenções: .PT / APN-1 / APN-2; .Lista de Verificação. c) Não rotineiras e com riscos toleráveis em intervenções: .PT / APN-1 / APN-2; .Lista de Verificação. 2) Equipamentos: APR, HAZOP e FMEA. 3) PPRA/PCMSO. 4) Outros padrões: .Padrões Gerenciais (PG); .Padrões de Processo (PP); .Especificações Técnicas (ET); .Normas Técnicas Petrobras.	-	.Análise de riscos da Mudança e geração de Recomendações a serem implementadas antes da Mudança; .Aprovação das Mudanças pelo responsável da área e/ou clientes.
	3	Plano de Ação para executar a Mudança Elaborar plano de implementação da Mudança levando em consideração (quando aplicável): .Compra de materiais; .Fabricação de peças; .Logística de transporte de pessoas e materiais; .Comissionamento, partida e entrega à operação; .Revisão ou confecção de novo padrão; .Treinamento.	.FAM (Lista de Verificação: Plano de Ação para a execução da Mudança).	.Plano de Ação (5W2H).	.Plano de ação para a implementação da Mudança.

Tab. 15 – Etapa de Planejamento (*Plan*) do PDCA de Mudanças (O Autor)

A etapa de Execução (*Do*)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas da Gestão da Rotina	Produtos da atividade	
D: Execução	4	Execução da Mudança	<p>Mudança envolvendo projeto em instalações e equipamentos existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Compra de materiais; .Confeccção de peças; .Logística de transporte e armazenamento; .Montagem. 	<p>.FAM (Lista de Verificação: execução do Plano de Ação);</p> <p>Intervenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> .PT; .APN-2; .Treinamento no local de trabalho (on the job training); .DDSMS (Lições ponto-a-ponto). 	-	.Execução do projeto até a montagem.
			<p>.Mudança envolvendo revisão e/ou confeccção de padrões;</p> <p>.Mudança envolvendo Pessoas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Execução de novas funções; b) Chegada de pessoas na função após afastamento; c) Mudança no dimensionamento de Pessoas para as tarefas. <p>.Modificar e/ou gerar novos padrões;</p> <p>.Treinar as Pessoas.</p>	<p>.VCP para Mudança envolvendo revisão e/ou confeccção de padrões;</p> <p>.FAM (Lista de Verificação: execução do Plano de Ação).</p>	-	.Revisão e/ou confeccção de padrões;

Tab. 16 – Etapa de Execução (*Do*) do PDCA de Mudanças (O Autor)

A etapa de Verificação (*Check*)

Etapas	Sub-etapas	Atividades	Ferramentas de SMS	Ferramentas da Gestão da Rotina	Produtos da atividade	
C: Verificação	5	Verificação da Mudança	<p>Mudança envolvendo projeto em instalações e equipamentos existentes:</p> <p>.Comissionamento (pré-partida).</p>	.FAM (Lista de Verificação: verificação dos itens já executados);	-	.Avaliar se as especificações de projeto e as recomendações da análise de risco foram atendidas e são eficazes.
			<p>Mudança envolvendo revisão e/ou confecção de especificações e/ou padrões;</p> <p>Mudança envolvendo Pessoas:</p> <p>a) Execução de novas funções;</p> <p>b) Chegada de pessoas na função após afastamento;</p> <p>c) Mudança no dimensionamento de Pessoas para as tarefas.</p> <p>.Acompanhamento das pessoas.</p>	.FAM (Lista de Verificação: verificação dos itens já executados); .Auditoria Comportamental (Mudança de pessoas).	-	.Avaliar se os padrões estão adequados ao trabalho; .Avaliar a capacitação e disciplina das pessoas frente aos padrões revisados e/ou novos.

Tab. 17 – Etapa de Verificação (*Check*) do PDCA de Mudanças (O Autor)

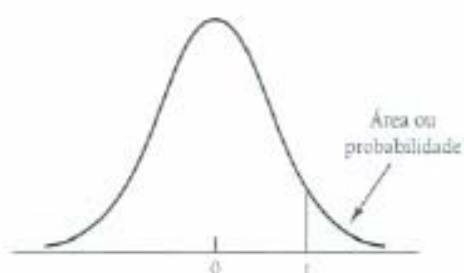
A etapa de Ação Corretiva (Act)

Etapas	Sub-etapas	Atividades		Ferramentas de SMS	Ferramentas da Gestão da Rotina	Produtos da atividade
A: Ação Corretiva	8	Partida	<p>Mudança envolvendo projeto em instalações e equipamentos existentes:</p> <p>Monitorar a partida da instalação após a Mudança</p>	.FAM (Lista de Verificação: verificação dos itens já executados);	-	.Realizar partida da instalação ou equipamento após correções realizadas no Comissionamento; .Acompanhar a partida e realizar ações corretivas se necessário.
	9	Operação Monitorada	<p>Mudança envolvendo projeto em instalações e equipamentos existentes:</p> <p>e</p> <p>.Mudança envolvendo revisão e/ou confecção de especificações e/ou padrões;</p> <p>e</p> <p>.Mudança envolvendo Pessoas:</p> <p>a) Execução de novas funções;</p> <p>b) Chegada de pessoas na função após afastamento;</p> <p>c) Mudança no dimensionamento de Pessoas para as tarefas.</p> <p>.Acompanhamento das pessoas antes da transferência do novo processo para a Gestão da Rotina (SDCA).</p>	.DDSMS; .Treinamento no local de trabalho (on the job training); .Auditoria Comportamental; .Registro de acidentes, incidentes e desvios.	-	.Avaliar a Mudança e gerar ações corretivas antes de sua transferência para a Gestão da Rotina (SDCA); .Fechar FAM encerrando a Mudança.

Tab. 18 – Etapa de Ação Corretiva (Act) do PDCA de Mudanças (O Autor)

ANEXOS

ANEXO A

Distribuição t 

Os registros na tabela fornecem o valor t para uma área ou probabilidade na área da extremidade superior da distribuição t . Por exemplo, com 10 graus de liberdade e uma área de 0,05 na área de extremidade superior, $t_{0,05} = 1,812$

Graus de Liberdade	Área da Extremidade Superior				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: E. S. Pearson e H. O. Hartley, *Biometrika Tables for Statisticians*, vol. 1, 3ª ed., 1996.

ANEXO B

Tabela de Conversão para a Escala Sigma (WERKEMA, 2004)

Escala Sigma	DPMO	Escala Sigma	DPMO	Escala Sigma	DPMO	Escala Sigma	DPMO	Escala Sigma	DPMO
0,00	933.193	1,20	617.912	2,40	184.060	3,60	17.865	4,80	483
0,05	926.471	1,25	598.706	2,45	171.056	3,65	15.778	4,85	404
0,10	919.243	1,30	579.260	2,50	158.655	3,70	13.904	4,90	337
0,15	911.492	1,35	559.618	2,55	146.859	3,75	12.225	4,95	280
0,20	903.199	1,40	539.828	2,60	135.666	3,80	10.724	5,00	233
0,25	894.350	1,45	519.939	2,65	125.072	3,85	9.387	5,05	193
0,30	884.930	1,50	500.000	2,70	115.070	3,90	8.198	5,10	159
0,35	874.928	1,55	480.061	2,75	105.650	3,95	7.143	5,15	131
0,40	864.334	1,60	460.172	2,80	96.800	4,00	6.210	5,20	108
0,45	853.141	1,65	440.382	2,85	88.508	4,05	5.386	5,25	89
0,50	841.345	1,70	420.740	2,90	80.757	4,10	4.661	5,30	72
0,55	828.944	1,75	401.294	2,95	73.529	4,15	4.024	5,35	59
0,60	815.940	1,80	382.088	3,00	66.807	4,20	3.467	5,40	48
0,65	802.338	1,85	363.169	3,05	60.571	4,25	2.980	5,45	39
0,70	788.145	1,90	344.578	3,10	54.799	4,30	2.555	5,50	32
0,75	773.373	1,95	326.355	3,15	49.471	4,35	2.186	5,55	26
0,80	758.036	2,00	308.537	3,20	44.565	4,40	1.866	5,60	21
0,85	742.154	2,05	291.160	3,25	40.059	4,45	1.589	5,65	17
0,90	725.747	2,10	274.253	3,30	35.930	4,50	1.350	5,70	13
0,95	708.840	2,15	257.846	3,35	32.157	4,55	1.144	5,75	11
1,00	691.463	2,20	241.964	3,40	28.717	4,60	968	5,80	9
1,05	673.645	2,25	226.627	3,45	25.588	4,65	816	5,85	7
1,10	655.422	2,30	211.856	3,50	22.750	4,70	687	5,90	5
1,15	636.831	2,35	197.663	3,55	20.182	4,75	577	5,95	4
								6,00	3

Nota: esta tabela, para todos os valores apresentados, foi construída com base na suposição de que a média do processo de interesse está deslocada em relação ao valor nominal em $1,5\sigma$, onde σ = desvio padrão do processo.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)