

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO DE UMA METODOLOGIA PARA
ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSOS**

Cíntia Paese

Porto Alegre, 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ESTUDO DE UMA METODOLOGIA PARA
ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSOS**

Cíntia Paese

Orientador: Professor Dr. José Luís Duarte Ribeiro

Banca Examinadora:

**Vilson A. Batista, Dr.
Prof. Depto. Engenharia Mecânica / UFRGS**

**Carla ten Caten, Dra.
Profa. PPGEF / UFRGS**

**Flávio S. Fogliatto, PhD
Prof. PPGEF / UFRGS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Área de concentração: Qualidade

Porto Alegre, setembro de 2000.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. José Luís Duarte Ribeiro, Dr.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Luís Antônio Lindau, PhD

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Vilson A. Batista, Dr.

Prof. Depto. Engenharia Mecânica / UFRGS

Carla ten Caten, Dra.

Profa. PPGEP / UFRGS

Flávio S. Fogliatto, PhD

Prof. PPGEP / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Gostaria, com sinceridade, de agradecer a todos os que direta ou indiretamente contribuíram à realização deste trabalho. Particularmente expresso minha gratidão:

- Ao professor Dr. José Luis Duarte Ribeiro, que orientou com empenho e grande sabedoria o desenvolvimento da presente dissertação.
- À Siderúrgica Aços Finos Piratini, que cedeu as informações necessárias para a descrição do estudo de caso.
- Ao CNPq, que viabilizou financeiramente a presente dissertação.
- Aos professores do PPGEP/UFRGS, que auxiliaram na busca de respostas e esclarecimentos durante o período do mestrado, em especial aos professores Carla ten Caten, Flávio Fogliatto e Márcia Echeveste.
- Aos colegas do mestrado, companheiros de todas as horas.
- Aos meus pais, pelo apoio e incentivo durante toda minha vida.
- Ao Elton, por seu persistente incentivo para a conclusão deste trabalho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	IX
ABSTRACT.....	X
1 COMENTÁRIOS INICIAIS.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 TEMA E OBJETIVOS.....	2
1.2.1 <i>Objetivo principal</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3 JUSTIFICATIVA	3
1.4 METODOLOGIA	3
1.5 ESTRUTURA	4
1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	4
1.7 TERMINOLOGIA.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 SISTEMAS DE GARANTIA DA QUALIDADE	7
2.1.1 <i>TQM</i>	8
2.1.2 <i>Seis Sigma</i>	16
2.1.3 <i>ISO-9000</i>	21
2.1.4 <i>QS-9000</i>	24
2.2 FERRAMENTAS DA ENGENHARIA DA QUALIDADE	27
2.2.1 <i>Controle estatístico do processo</i>	28
2.2.2 <i>Capacidade do processo</i>	33
2.2.3 <i>Análise dos sistemas de medição</i>	35
2.2.4 <i>FMEA</i>	38
3 ESTUDO DE CASO	40
3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	40
3.2 ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSOS	42
3.2.1 <i>Definição do processo crítico, itens de controle e metas</i>	44
3.2.2 <i>Montagem do fluxo do processo crítico</i>	47

3.2.3	<i>Análise do processo</i>	50
3.2.4	<i>Montagem da tabela de garantia do processo</i>	56
3.2.5	<i>Padronização das atividades críticas e treinamento dos operadores</i>	58
3.2.6	<i>Implantação da auditoria de padrões e tratamento de anomalias</i>	58
3.2.7	<i>Planejamento da implantação do CEP</i>	60
3.2.8	<i>Avaliação do sistema de medição</i>	61
3.2.9	<i>Treinamento dos operadores para o CEP</i>	64
3.2.10	<i>Implantação do CEP</i>	65
3.2.11	<i>Análise de estabilidade</i>	65
3.2.12	<i>Análise de capacidade</i>	68
3.2.13	<i>Reavaliação da implantação</i>	70
4	METODOLOGIA PROPOSTA	76
4.1	DEFINIÇÃO DOS PROJETOS E DOS RESPONSÁVEIS PELOS PROJETOS	78
4.2	INDICADORES E METAS	80
4.3	PRIORIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROCESSO	81
4.3.1	<i>Matriz de processo</i>	82
4.3.2	<i>FMEA</i>	82
4.3.3	<i>Estudos estatísticos</i>	83
4.4	FORMAÇÃO DA EQUIPE E DIMENSIONAMENTO DOS RECURSOS	83
4.5	TREINAMENTO DO CEP	84
4.6	ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO PROCESSO	86
4.6.1	<i>Estratégias de formação de subgrupos</i>	87
4.6.2	<i>Frequência e tamanho da amostragem</i>	88
4.7	TABELA DE PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE	89
4.8	DESENVOLVIMENTO DOS PO'S	89
4.9	TREINAMENTO DOS PO'S	91
4.10	IMPLANTAÇÃO DE PO'S E CEP	91
4.11	MONITORAMENTO, AUDITORIAS E MELHORIAS DO PROCESSO	92
4.12	AValiação e MELHORIAS DO SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO	92
5	DISCUSSÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	94
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
	ANEXO	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Carta de controle	29
Figura 2: Processo de melhoria.	32
Figura 3: Estabilidade e capacidade do processo	34
Figura 4: Fluxograma de aplicação dos sistemas de medição segundo QS-9000	37
Figura 5: Cadeia produtiva	41
Figura 6: Organograma funcional da parte produtiva da empresa	41
Figura 7: Histórico de defeitos	45
Figura 8: Macro fluxo do processo.....	48
Figura 9: Matriz de atividades e defeitos.....	50
Figura 10: Alocação de pesos para relações entre atividades e defeitos	53
Figura 11: Preenchimento inicial da matriz de priorização das atividades	54
Figura 12: Modelo de TGP	57
Figura 13: Estudo de R&R	63
Figura 14: Cartas de controle para a Bitola 14,29 mm no período A.....	68
Figura 15: Cartas de controle para a Bitola 60,33 mm no período A.....	68
Figura 16: Análise da capacidade para Bitola 14,29 mm no período A.....	69
Figura 17: Análise da capacidade para Bitola 60,33 mm no período A.....	70
Figura 18: Cartas de controle para a Bitola 14,29 mm.....	71
Figura 19: Análise da capacidade para Bitola 14,29 mm	72
Figura 20: Cartas de controle para a Bitola 60,33 mm.....	73
Figura 21: Análise da capacidade para Bitola 60,33 mm	74
Figura 22: Estrutura de responsabilidades.....	79
Figura 23: Indicadores e metas	81
Figura 24: Modelo de TPCC	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pesos dos defeitos.....	52
Tabela 2: Principais atividades em relação aos defeitos.....	54
Tabela 3: Limites de controle para Bitola 14,29 no período A.....	67
Tabela 4: Limites de controle para a Bitola 60,33 no período A.....	67
Tabela 5: Limites de controle para Bitola 14,29.....	71
Tabela 6: Limites de controle para a Bitola 60,33.....	73
Tabela 7: Resultados gerais.....	75

RESUMO

Para competir em nível internacional, as empresas brasileiras precisam atingir padrões de excelência em qualidade. Uma forma de atingir esses padrões é utilizando ferramentas de controle de qualidade que assegurem processos estáveis e capazes.

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia de estabilização de processos voltada às empresas de manufatura utilizando ferramentas de controle de qualidade. Sua importância está em apresentar uma metodologia que auxilie as empresas na obtenção de melhorias significativas em qualidade e produtividade.

O método de trabalho utilizado envolveu as etapas de revisão da literatura, acompanhamento e análise da implantação de uma metodologia de estabilização de processos em uma empresa siderúrgica e, finalmente, proposta e discussão de uma nova metodologia de estabilização de processos.

ABSTRACT

To compete at international level, Brazilian companies need to reach standards of quality excellence. An alternative to reach such standards is to use quality control tools that contribute to guarantee capable and stable processes.

The main objective of this dissertation is the development of a process stabilization methodology focused on manufacturing companies and based on the use of quality control tools. Its importance relies on the presentation of a methodology capable of helping companies to achieve quality and productivity improvements.

The method utilized in this work includes a literature review, the accompaniment and analysis of a process stabilization methodology implanted in a siderurgic company, and, finally, the proposition and discussion of a new methodology for process stabilization.

1 COMENTÁRIOS INICIAIS

1.1 Introdução

Desde o começo do século, o movimento pela Qualidade vem crescendo de expressão no mundo inteiro. Inicialmente limitado ao âmbito de algumas empresas industriais nos países do *Primeiro Mundo*, o movimento alastrou-se cada vez mais, principalmente no período que se seguiu ao término da Segunda Guerra Mundial (1945).

O movimento consolidou-se basicamente a partir dos anos 70, com os indiscutíveis êxitos econômicos alcançados pelo Japão e pelos países do Sudeste da Ásia, não havendo hoje país do mundo que não tenha sido “contaminado” pelos conceitos da Qualidade Total, Produtividade e Competitividade.

A aplicação de Controle de Qualidade, Programação da Produção e Tecnologias da Informação em sistemas de manufatura ou serviços é uma realidade nos países desenvolvidos. É consequência do efeito da globalização dos mercados. A implementação da qualidade não é mais considerada vantagem competitiva, mas condição mínima para que clientes e fornecedores possam manter relações contratuais baseadas na confiança. Aqueles que não acreditavam nesta realidade estão sendo obrigados a se curvar. As empresas que ainda não acordaram para estas evidências podem ter problemas de mercado em um futuro próximo, tendo em vista não conseguirem acompanhar a linguagem e as exigências do mercado comprador.

Como nos demais países, no Brasil não poderia ser diferente. Aliado às necessidades crescentes de busca pela qualidade tanto nos processos quanto nos produtos, o cenário nacional apresenta forte desindexação e abertura econômica, transformando-se numa economia de livre concorrência integrada ao mercado global.

O que por um lado representa um benefício no que se refere ao alcance de tecnologias mais modernas e eficientes, por outro lado deixa exposta a fragilidade dos processos de gestão e das respostas dadas às exigências de competitividade pela grande maioria das empresas. O investimento em qualidade é uma das condições indispensáveis para assegurar que estas

empresas obtenham um novo padrão de excelência, que permita competir em igualdade com outros mercados.

1.2 Tema e objetivos

O tema desta dissertação é a estabilização de processos em empresas de manufatura. Por estabilização entende-se a garantia de que os processos estejam produzindo seus produtos de maneira previsível, reduzindo ao máximo a variabilidade existente nestes processos.

A variabilidade, existente em todos os processos, é a causa principal de defeitos, baixas taxas de produtividade e incertezas na produção. É necessário que se atue sobre as causas da variabilidade, eliminando ou reduzindo ao máximo os defeitos, tornando assim os processos estáveis. A estabilização de processos auxilia na obtenção da qualidade no setor da manufatura e nos serviços.

O objetivo deste trabalho é validar uma metodologia para a estabilização de processos em empresas de manufatura, utilizando ferramentas de controle de qualidade.

Os objetivos desta dissertação podem ser divididos em principais e específicos, como descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo principal

Desenvolver uma metodologia de estabilização de processos que seja orientada a empresas que já possuem um sistema de qualidade implantado.

É necessário que a empresa já possua um sistema de qualidade implantado, pois a metodologia proposta pressupõe que alguns aspectos abordados durante o trabalho já tenham sido implantados e sejam do conhecimento dos envolvidos.

1.2.2 Objetivos específicos

Acompanhar e descrever um estudo de caso que envolva o esforço de estabilização de processos.

Perceber as dificuldades inerentes à estabilização de processos, desde aquelas associadas com a atitude e cultura empresarial, até aquelas associadas estritamente com o domínio de aspectos técnicos.

1.3 Justificativa

Segundo Azambuja (1996) o cenário que se desenha para o terceiro milênio indica que: *(i)* a tendência é de mercados cada vez mais abertos e comércio ainda mais livre; *(ii)* é inevitável o crescimento das exigências dos consumidores, não só por produtos industriais ou por serviços de “categoria internacional”, mas também por formas de produção ecologicamente mais corretas e melhorias na gestão dos aspectos relacionados com saúde e segurança; *(iii)* será necessário preparar-se para um novo tipo de cidadão, frente ao aumento da competitividade e das aspirações por qualidade.

Estas “previsões” podem ser sentidas no Brasil através do surgimento da ALCA (Associação de Livre Comércio das Américas), onde, a partir de 2005 não haverá mais barreiras comerciais entre os países americanos.

Diante das perspectivas acima citadas, observa-se a crescente necessidade de investimentos em capacitação e tecnologia para tornar as empresas mais ágeis e competitivas. Agilidade e competitividade são necessárias para disputar mercados consumidores com as mesmas chances de empresas de outros países.

A importância deste trabalho está em apresentar uma metodologia que auxilie as empresas na obtenção de melhorias significativas em qualidade e produtividade.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho irá envolver diversas etapas. Primeiramente será feita uma revisão da literatura incluindo revistas científicas e livros técnicos, visando a aquisição do domínio teórico a respeito de estabilizações de processos.

Em seguida, na condição de observadora participante, a autora acompanhará a implantação de uma metodologia de estabilização de processos em uma empresa de manufatura. Esta metodologia será implantada em sete setores que apresentam características distintas, propiciando um amplo entendimento das variáveis envolvidas.

Embora a metodologia tenha sido implementada em sete setores de uma empresa siderúrgica, neste trabalho será descrita a implementação em apenas um dos setores, pois todos apresentam a mesma estrutura de implantação.

Com base nos conhecimentos adquiridos da literatura, no acompanhamento e aprendizado obtido durante o estudo de caso será proposta uma metodologia considerada apropriada para a estabilização de processos em empresas de manufatura.

A metodologia proposta será avaliada em relação aos aspectos organizacional, cultural e tecnológico.

1.5 Estrutura

O trabalho proposto está estruturado em cinco capítulos, os quais estão descritos a seguir.

No capítulo 1 é apresentada uma descrição sobre o tema da dissertação, os objetivos e a metodologia utilizada no trabalho, além das limitações e estrutura do trabalho. Este capítulo situa a estabilização de processos no contexto atual.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais tópicos utilizados no desenvolvimento da metodologia proposta no trabalho em dois grandes grupos: sistemas de garantia de qualidade e ferramentas da engenharia da qualidade. Relacionados com sistemas de garantia de qualidade são abordados o TQM (*Total Quality Management*), Seis Sigma, ISO-9000 e QS-9000. Com relação às ferramentas da engenharia da qualidade são apresentados os principais conceitos do controle estatístico do processo, análise de estabilidade e capacidade, análise dos sistemas de medição e FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha).

No capítulo 3 é apresentado um estudo de caso em uma indústria onde foi utilizada uma metodologia de estabilização de processos. São apresentadas detalhadamente todas as etapas da metodologia utilizada, assim como os resultados obtidos. Este capítulo serve como ponto inicial para o desenvolvimento do capítulo 4.

No capítulo 4 é sugerida uma metodologia de estabilização de processos com base nas análises críticas desenvolvidas sobre o modelo utilizado no estudo de caso e no conhecimento adquirido da literatura.

No quinto capítulo são apresentadas a conclusão e as sugestões para trabalhos futuros. As conclusões apresentam os principais resultados obtidos durante o trabalho.

1.6 Delimitações do trabalho

A metodologia para estabilização de processos desenvolvida neste trabalho utilizou um estudo de caso desenvolvido em uma empresa de manufatura de grande porte, portanto, as conclusões são válidas para esse cenário. No entanto, algumas limitações decorrentes do

estudo de uma única empresa foram minimizadas à medida que foram utilizados sete setores distintos, com diferentes graus de desenvolvimentos tecnológicos e culturais.

Uma vez que a aplicação restringiu-se a uma empresa de manufatura, as conclusões não podem ser estendidas para o setor de serviços, onde a implantação deverá ser precedida por adaptações em vários aspectos.

O presente trabalho não se propôs a discutir exaustivamente os aspectos motivacionais e culturais da implantação, visto que o foco da dissertação são os aspectos técnicos da estabilização de processos.

Embora os aspectos relacionados à produtividade e custos não sejam estudados em profundidade, eles na verdade são tratados indiretamente, pois sabe-se que estabilizando os processos diminuem as perdas com retrabalho e aumentam os lucros.

1.7 Terminologia

Estabilidade – Condição ou estado que indica um processo sob controle. Um processo **sob controle** é um processo previsível, que se comporta de forma homogênea ao longo do tempo.

CEP (Controle Estatístico do Processo) – Um método que utiliza técnicas estatísticas, como gráficos de controle e estudos de capacidade, para monitorar e analisar um processo ou seu resultado, de modo que possam ser adotadas medidas para assegurar a estabilidade e capacidade do processo.

Capacidade – Condição em que um processo gera resultados dentro da faixa de especificação que é determinada pela gerência, em função das expectativas do cliente.

Defeito – Qualquer resultado ocorrido no produto que gere algum tipo de custo para a empresa. O custo pode estar associado a uma atividade complementar (retrabalho), a perda do produto (sucata) ou a insatisfação dos clientes.

Seis Sigma – Termo utilizado pela empresa Motorola para expressar uma alta capacidade de processo, onde se espera que o número de defeitos seja inferior a 0,002 defeitos por milhão de unidades produzidas.

Causa comum – Aquela que é responsável por produzir pequenas variações de caráter aleatório.

Causa especial – Aquela que é responsável por produzir variações significativas de caráter determinado (não aleatório).

TQM (*Total Quality Management*) – Modo de gestão de uma organização, centrado na qualidade, baseado na participação de todos os seus membros, visando ao sucesso a longo prazo, através da satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e para a sociedade (definição apresentada na norma NBR ISO 8402/1994).

FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) – Ferramenta utilizada na área da confiabilidade que visa fazer um estudo completo de um produto ou processo, identificando os possíveis modos de falhas, suas causas e conseqüências. Essa metodologia também avalia o risco associado a cada modo de falha e identifica as ações de correção e melhoria a serem realizadas no produto ou processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de uma metodologia¹ para estabilização de processos requer que se faça um estudo aprofundado sobre aspectos que devam ser levados em conta tanto em implantação de sistemas de qualidade como em estabilização de processos.

A implantação de uma metodologia em uma empresa deve ser precedida por atividades que englobam não somente as áreas diretamente relacionadas com a estabilização de processos. Deve-se criar uma cultura de aprendizado e predisposição a mudanças.

“Qualquer mudança só é obtida quando há modificação nos comportamentos, e o comportamento muda quando o aumento de qualidade exige mudanças de níveis nas atitudes, valores e compromissos. A mudança deve ser respaldada pela modificação na cultura da empresa.” (Naveh *et al.*, 1998)

Neste capítulo serão descritos aspectos considerados importantes no desenvolvimento de uma metodologia, seja de estabilização ou de capacitação de processos. Aspectos como implantação de sistemas de qualidade, formação e liderança de equipes e capacitação de recursos humanos, são descritos a seguir. São descritas também as ferramentas estatísticas utilizadas durante o trabalho.

2.1 Sistemas de garantia da qualidade

As definições utilizadas na norma NBR ISO 8402/1994 visam esclarecer e padronizar a terminologia utilizada na gestão da qualidade. Assim, um sistema de qualidade pode ser descrito como sendo uma “estrutura organizacional, procedimentos, processos e recursos para implementar a gestão da qualidade.”

Segundo Zhu e Scheuermann (1999), um programa de qualidade auxilia as empresas a determinar os aspectos mais importantes relacionados ao sucesso, ajuda as companhias a capacitar a se auto-reformar e dá a empresa ferramentas para produzir produtos melhores e

¹ Segundo Thiollent (1998), o objetivo de uma metodologia consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou as implicações de sua utilização.

atender às demandas sempre que o mercado sofra uma mudança. Se bem implementado, um programa de qualidade pode aumentar eficiência, produtividade e lucro.

Os sistemas de qualidade mais disseminados nas empresas são o *Total Quality Management* (TQM) (traduzido para português como Gestão da Qualidade Total), os sistemas de qualidade baseados nas normas internacionais da série ISO-9000, o QS-9000 e o Seis Sigma.

(Nota: o TQM americano foi inicialmente designado por TQC – *Total Quality Control* – e esta sigla é utilizada até hoje em muitos países. Nesta dissertação não será feita nenhuma distinção entre as duas designações).

A seguir serão apresentados aspectos importantes dos sistemas descritos anteriormente, estudando seus fundamentos.

2.1.1 TQM

O TQM, ou gestão da qualidade total, é o “modo de gestão de uma organização, centrado na qualidade, baseado na participação de todos os seus membros, visando ao sucesso a longo prazo, através da satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e para a sociedade.”

“Controle da Qualidade Total é um sistema efetivo para integração dos esforços de desenvolvimento da qualidade, manutenção da qualidade e melhoria da qualidade, esforços estes de vários grupos em uma organização, que visa permitir o marketing, a engenharia, a produção e os serviços ao nível mais econômico que permita a plena satisfação do cliente.”
(Fiegenbaum, 1991)

Para Juran citado em Soares (1998),

“TQM é uma extensão do planejamento dos negócios da organização, que inclui o planejamento da qualidade, voltado para o estabelecimento dos objetivos da qualidade e para o desenvolvimento de meios para realizar esses objetivos. É estruturado nos moldes do planejamento estratégico dos negócios, porém exige organização, técnicas, instrumentos e treinamentos especiais. Além disso, o TQM requer que a administração superior se envolva pessoalmente no estabelecimento e cumprimento dos objetivos mais abrangentes da qualidade.” Soares (1998)

Ishikawa (1993) acredita que o TQM baseia-se fundamentalmente no controle estatístico da qualidade e na garantia da qualidade, através da remoção das causas básicas das disfunções da qualidade na indústria. Considera que a garantia da qualidade é a própria essência do controle da qualidade total; sendo que a noção básica por trás disso é a prevenção da reincidência de erros. Essa qualidade só pode ser alcançada se incluída em cada projeto e

em cada processo executado, pois não se pode criar qualidade pela inspeção. Ele argumenta que o TQM é fundamentalmente uma atividade coletiva, que não pode ser realizada por indivíduos, requerendo o trabalho em equipe.

Segundo Hines (1998), o TQM é uma filosofia que incorpora conceitos fundamentais de estabilização para aumentar a qualidade e produtividade através do esforço combinado de todos os funcionários.

Amsden (1994, citado por Zhu e Scheuermann, 1999) afirma que o TQM usa o Controle Estatístico de Processo (CEP) como sua principal ferramenta. Acredita que o TQM necessita muito mais que ferramentas estatísticas. Ele requer comitê da alta administração, liderança, treinamento e trabalho em equipe. Estes são os principais fatores do sucesso do TQM.

Ho (1999) explica o que é TQM, dando várias definições. Depois disso faz uma relação entre os gurus da qualidade e o TQM: Deming, Juran, Ishikawa, Shingo e Kondo. Diz que a estratégia competitiva baseia-se em três pontos:

1. determinar uma missão,
2. listar as opções de estratégia e escolher a melhor e
3. implementar esta estratégia.

O TQM deve estar inserido em cada um desses 3 pontos.

Mohanty (1997) faz uma análise do TQM onde analisa-o como sendo uma revolução, uma prática social, propriedade e controle e um sistema de pensamento.

Anderson *et al* (1994) fazem uma revisão dos 14 pontos de Deming e discutem se é um método de gerenciamento de processos. Eles dizem que os 14 pontos de Deming são princípios de transformação para melhorar as práticas de administração, e representam um conjunto de regras inter-relacionadas de conhecimento inter e intra organizacional, codificado e comunicado em forma de comandos.

A análise dos 14 pontos de Deming por Anderson *et al.*(1994) leva a concluir que o trabalho de Deming consiste na criação de um sistema organizacional que estimula a cooperação e o aprendizado para a implementação de práticas de gerenciamento de processos, o que leva à contínua melhoria dos processos, produtos, serviços, realização dos funcionários, onde todos são fatores críticos para a satisfação dos clientes e por fim, à sobrevivência da empresa.

Por sua vez, Drummond (1998) afirma que a abordagem de Deming é fundamentada em três preceitos básicos: orientação para o cliente, melhoria contínua e qualidade determinada pelo cliente. Ela diz que o argumento de Deming é o de que a competitividade depende da satisfação do cliente, que depende das respostas dadas pelo sistema às suas opiniões e necessidades. O sistema é definido como entradas e de acordo com a maneira pela qual elas são processadas.

Hines (1998) apresenta um modelo de implantação de TQM que abrange sete fases:

1. Treinamento inicial dos membros “guia” do comitê em CEP e TQM
2. Primeiros programas pilotos: selecionar dois departamentos e fazer implantação do CEP em cada um. É vital que esses tenham sucesso pois servirão de exemplo aos outros departamentos. A seleção dos membros de equipes que são uma combinação de supervisores, engenheiros e trabalhadores, deve ser feita pelo comitê guia para cada programa piloto. Eles têm a responsabilidade de desenvolver os programas pilotos.
3. Expansão dos programas pilotos: depois que o primeiro programa piloto apresentar sucesso deve-se começar a disseminação pelos outros setores. Novamente o administrador do comitê guia tem a maior responsabilidade na seleção dos programas pilotos das áreas.
4. Formação do primeiro time de TQM: o time deve ser composto por vários tipos de trabalhadores (por exemplo, horistas e assalariados). O objetivo é que eles escrevam os procedimentos operacionais. A motivação deste time é importante, porque motivará os demais times.
5. Expansão dos conceitos de TQM: depois que o primeiro time apresentar sucesso, começar times em outros departamentos.
6. Criação do conselho da qualidade: o conselho é formado por engenheiros e supervisores para cada departamento. O objetivo do conselho é estabelecer uma clara definição de quando o crescimento do projeto de implantação de TQM deve ser continuado e quando deve ser mantido (segurado).
7. Adição de um facilitador: serve para coordenar as funções dos grupos.

Outros aspectos que estão relacionados diretamente com o sucesso do TQM estão apresentados na seqüência, e são, respectivamente, trabalhos em grupo, liderança e capacitação de recursos humanos.

2.1.1.1 Grupos de trabalho

O trabalho em equipe pode ser visto como um aspecto importante na implantação de sistemas de qualidade e de estabilização de processos. Sabe-se que se não há entrosamento entre os funcionários da empresa não haverá, portanto, trabalho eficaz em equipe.

Uhlfelder (2000) percebe que, nos trabalhos de grupos, os autores indicam vários passos, mas todos concentram-se nas etapas básicas de definição do problema, coleta de dados e busca da causa raiz do problema, geração da solução e planejamento da ação.

A teoria dos 14 pontos de Deming, segundo Anderson *et al.*(1994), inclui duas características fundamentais: aprendizagem e cooperação interna e externa. Cooperação neste contexto, é sinônimo de colaboração entre os diferentes indivíduos, grupos ou organizações, todos engajados sem competição para benefícios mútuos, dentro das atividades.

Anderson *et al.*(1994) explicam que a cooperação interna pode ser vista como uma teoria de interdependência social. Ele cita que Deutsch, em 1949, foi o primeiro a articular uma teoria de cooperação e competição. Na seqüência, Johnson e Johnson (1989, *apud* Anderson *et al.*, 1994) apresentaram três formas de interação social: cooperação, competição e independência. Em ambientes cooperativos, as pessoas A e B trabalham juntas para alcançarem mútuos objetivos. Shaw (1958, *apud* Anderson *et al.*, 1994) afirma que ambientes cooperativos entre empregados melhoram suas performances individuais, criando situações de mútuos benefícios entre os membros e para a empresa como um todo.

McManus (1999) conclui que, como é usual utilizar ferramentas do tipo cartas de controle, diagramas de causa e efeito, fluxos de processo, em treinamentos formais para grupos, geralmente os grupos são associados à qualidade. Diz que esta associação é importante porque realmente equipes e qualidade andam juntas, entretanto, o desuso de um deles ou de ambos pode arrasar os dois.

Richard (1997) fala das fases dos grupos de trabalho, dizendo que há seis “idades” na vida dos grupos de trabalho: (i) concepção, quando identifica um problema que um grupo pode resolver; (ii) nascimento, quando o grupo é criado; (iii) adolescência, quando os participantes descobrem o que cada um pode ou vai fazer, quando os membros do grupo se conhecem, “o tempo necessário para a adolescência varia entre os grupos, ficando os mais organizados mais rápidos no transcorrer desta fase”; (iv) idade adulta, época em que o time tem foco e é produtivo, ou seja, quando os membros sabem a direção clara que tem que seguir; (v) idade velha, o grupo não possui mais a sinergia que possuía antes. Alguns membros são substituídos, o que leva o grupo novamente de volta à adolescência. “Os grupos

onde há substituições chegam mais rapidamente à idade velha, se comparados aos grupos que estão iniciando”. E finalmente a (vi) morte, “é ideal que a equipe se dissolva assim que completar uma tarefa e que haja reconhecimento público do trabalho, para evitar que fique ‘agonizando’ antes de se dissolver”.

2.1.1.2 Liderança

A liderança, como será visto a seguir, é um dos principais fatores de sucesso na implantação de uma metodologia para estabilização de processos.

Deming (1990) argumenta que os líderes deveriam utilizar suas energias para fazer melhorias, traduzir visões em ações e adquirir conhecimento profundo sobre o trabalho que eles supervisionam, ao invés de ficar cobrando resultados. “Eles deveriam concentrar-se na melhoria do sistema e não procurar distribuir proporcionalmente a culpa sobre os indivíduos” Drummond (1998).

Para construir uma cultura de TQM, explica Edgeman *et al.*(1999), é necessário que todos os membros da equipe entendam e apliquem conceitos básicos de liderança, foco no cliente, trabalho em equipe, capacitação e autonomia dos funcionários, ampla participação, melhoria contínua, ambos internos e externos.

Anderson *et al.*(1994) percebem que, implícito nos fundamentos dos 14 pontos de Deming, está a liderança, que é crucial para a empresa que quer implantar um sistema de qualidade. A liderança representa um papel importante, pois a responsabilidade dos líderes é criar e comunicar a visão que move a firma à melhoria contínua e fornece suporte formal e informal para capacitar a criação e sustentação de um sistema organizacional que é receptivo ao processo de inserção de práticas administrativas na empresa.

Zhu e Scheuermann (1999) dizem que todos os programas de qualidade são sensíveis à liderança e podem falhar se a liderança falhar.

De acordo com Senge *et al.*(1999) existem três tipos de líderes: líderes locais, líderes de redes informais e líderes executivos, o que acarreta três níveis de liderança que se interrelacionam. Os líderes locais são vitais na iniciação da mudança, pois eles possuem autoridade suficiente para efetuar mudanças na forma como o trabalho é realizado. Os líderes de redes informais disseminam a informação dentro da organização e, finalmente, os líderes executivos têm capacidade de criar a infra-estrutura necessária para as mudanças ocorrerem e têm a responsabilidade pelo desempenho geral.

A respeito das lideranças, Hines (1998) comenta que devem existir métodos de supervisão para que os trabalhadores tenham ferramentas adequadas, equipamentos e processos. Estes métodos reagem rapidamente para reduzir barreiras que diminuiriam a performance do trabalho, tais como defeitos herdados, manutenção falha dos equipamentos, máquinas ou ferramentas. O objetivo é quebrar barreiras que tiram dos trabalhadores o orgulho no trabalho, quebrar barreiras entre departamentos, e eliminar o medo de denunciar problemas ou irregularidades dos funcionários.

Segundo Crosby citado por Schroeder (1999), a administração da qualidade é uma tarefa para executivos, não uma tarefa para trabalhadores. Crosby afirma que se a cultura da organização suporta refazer os trabalhos três, quatro ou cinco vezes antes de acertar, então os empregados de todos os níveis irão cometer erros. Se, entretanto, a administração sênior criar uma atmosfera de trabalho que encoraje a fazer as coisas uma, e apenas uma vez, e esta cultura for criada, encorajada e melhorada, e especialmente recompensada, então a qualidade aparecerá.

Juran (1999) diz que os líderes, para se tornarem líderes, assumiram a responsabilidade pela qualidade, introduziram objetivos do planejamento estratégico na fábrica, treinaram toda a equipe em como trabalhar com qualidade, eles garantiram um aumento de qualidade para cada ano (ano após ano) e proveram participação de todos. Por esse motivo Juran (1999) atribui o sucesso da empresa aos líderes.

Edgeman *et al.*(1999) falam da necessidade de uma boa liderança para implantar qualidade total. Dizem que os prêmios e certificados tipo *Baldrige National Quality Award* e outros como *European Quality Award*, *Australian Quality Award*, *Japan Quality Award* e *Japan's Deming Prize* cobram e pontuam a liderança em vários aspectos tais como: como os líderes levam seus comitês à cultura TQM, como os líderes apoiam o aumento e envolvimento fornecendo recursos e assistência, como os líderes são envolvidos com clientes e fornecedores externos à organização e como eles reconhecem e recompensam os esforços das pessoas.

Crawford-Mason (1997) diz que a unidade de propósitos é a chave para uma liderança sistêmica; ela confia na interpretação consistente e aplicação dos valores de grupo que são entendidos e aceitos através da organização.

2.1.1.3 Capacitação de recursos humanos

Uma das características de uma organização preocupada com a melhoria de processos e produtos é a capacidade de aprendizagem, tanto do indivíduo, em grupos ou no nível organizacional.

Uma vez que a tecnologia está disponível para todas as empresas, o que diferencia uma das outras é o conhecimento, pois a empresa que possui o conhecimento é capaz de ter o domínio sobre as demais frente às barreiras comerciais.

Vass e Kincade (1999) afirmam que, se as necessidades básicas dos empregados não estão sendo atendidas, os treinamentos (inclusive em qualidade) podem não apresentar sucesso ou efetividade.

O sexto ponto de Deming (1990) enfatiza que se deve incluir treinamento no trabalho.

As normas ISO-9000 e QS-9000 tem requisitos específicos sobre treinamento, onde espera-se que a organização identifique as necessidades de treinamento e treine o pessoal para atender estas necessidades. Isso significa que os funcionários precisam saber o que fazer para executarem seus trabalhos de forma eficaz.

Para Wiggenhorn (1991, *apud* Vass e Kincade, 1999), o treinamento em TQM é inicialmente rejeitado pelos funcionários porque não recebem treinamento nos propósitos e razões do TQM, que é visto como mais um programa de qualidade, por esse motivo o TQM falha rapidamente em algumas empresas.

Segundo Campos (1995), quanto mais padronizado for o negócio e maior for o treinamento, menor será a necessidade de supervisão. Ele afirma que o aprendizado no trabalho deve ser contínuo, garantido a atualização constante dos funcionários.

A aprendizagem organizacional, de acordo com Deming (1986, *apud* Anderson *et al.*, 1994), gera e abrange dois tipos de conhecimentos: conhecimento do processo e conhecimento profundo. O primeiro se refere ao conhecimento das tarefas do processo, completada com o entendimento técnico, humano e das tarefas necessárias para seguir as instruções operacionais. Este tipo de conhecimento é necessário para entender as características do processo que produz e entrega produtos e serviços. O segundo tipo de conhecimento, o profundo, compreende teorias de sistemas, estatística, psicologia e teorias do conhecimento. Ele inclui os conhecimentos metodológicos necessários para conduzir o processo, examinando o que acontece na organização.

Chandler (1998) sugere que existem cinco categorias de ferramentas que podem ser usadas para tornar os trabalhadores tecnologicamente mais especializados:

- Descoberta – Novas tecnologias para reunir informação podem forçar a tomada de decisões.
- Compartilhamento – Ferramentas como a Internet pode facilitar a troca de conhecimentos.
- Conhecimento – As tecnologias podem tornar as pessoas mais espertas.
- Mobilidade – A tecnologia possibilita as pessoas se comunicarem mais facilmente, de qualquer lugar.
- Administração – A tecnologia ajuda as pessoas a fazerem suas tarefas de maneira mais fácil e rápida.

As ameaças ao engenheiro de produção, segundo Du Prez e Pintelon (1997) são a relutância em compartilhar o poder, a relutância em se adaptar ao contínuo processo de aprendizagem, a relutância em fazer investimentos e “*upgrades*” em equipamentos pessoais e da empresa e a relutância em se adaptar às contínuas mudanças que as empresas sofrem, que são inevitáveis à competitividade e para ter lucro.

Eles dizem que, para se tornar o engenheiro de produção do futuro é preciso, antes de mais nada, treinamento e educação focada nos princípios básicos da engenharia e nos sistemas globais de empreendimento. As oportunidades para os engenheiros de produção estão em (i) contribuir e dividir no desenvolvimento de oportunidades que existem dentro das empresas, (ii) tornar-se o agente que facilita e planeja as inevitáveis mudanças que são necessárias (iii) tornar-se líder na interface entre a engenharia e a revolução da tecnologia (iv) facilitar e aumentar o compartilhamento do conhecimento e (v) entender e facilitar a capacitação de funcionários que precisam de mais conhecimento.

Oppenheim e Przasnyski (1999) apresentam uma proposta de treinamento e comparam empresas onde o treinamento foi aplicado em todo os escalões da empresa e outras onde o treinamento foi feito apenas em alguns setores. Nas empresas onde o treinamento foi completo, por exemplo, Xerox, American Express, Proctor & Gamble e IBM, os resultados apresentados na implantação do TQM foram superiores às demais empresas.

O treinamento sugerido por Oppenheim e Przasnyski (1999) consiste em 3 módulos: um para trabalhadores e supervisores conjuntamente, um apenas para supervisores e outro apenas para os operadores. Os detalhes do conteúdo abordado em cada módulo podem ser obtidos no artigo original.

- Módulo A: consiste em um módulo onde os supervisores e trabalhadores são treinados conjuntamente para criar confiança e espírito de equipe. Procura-se criar um espírito de que todos são um só time e estão em busca do mesmo objetivo. Este módulo deve contemplar os aspectos teóricos básicos.
- Módulo B: apenas para supervisores. Tem o objetivo de definir em termos genéricos responsabilidades e obrigações dos trabalhadores e alta administração e criar conhecimento para o material que vai ser ensinado aos trabalhadores no módulo C.
- Módulo C: depois que os supervisores tenham compreendido os aspectos abordados no módulo B é necessário que sejam treinados os operadores (sem misturar operadores e supervisores, para construir análise crítica e para que as frustrações possam ser expressas sem barreiras).

Segundo Juran (1991) os programas de treinamento falham por várias razões: resistência cultural por parte dos gerentes de linha, dúvidas quanto à utilidade do treinamento, falta de participação dos gerentes de linha, técnica *versus* orientação para o problema, inadequação de líderes, mistura de níveis de participantes, falta de participação durante o curso, linguagem excessivamente complexa, falta de participação do setor de treinamento e deficiências logísticas e operacionais, dentre outros. Para ele, alguns desses problemas podem ser evitados através de um bom planejamento do treinamento e do teste piloto do curso.

2.1.2 Seis Sigma

Inovação Seis Sigma é um termo registrado pela Motorola Inc. na década de 80. Ele surgiu após anos de melhorias contínuas na qualidade de produtos e processos, e visa reduzir a taxa de defeitos em uma operação para aqueles que seriam esperados para um processo centrado e apresentando uma média distante seis desvios padrões dos limites de especificação; isso significa 3,4 defeitos por milhão de unidades produzidas. LeGault (1998) estima que a taxa de defeito na maior parte das companhias americanas está associada com 3,5 sigma, ou 35.000 defeitos por milhão.

O foco não é tanto no número de defeitos por milhão, mas uma maneira sistemática de reduzir a variabilidade de um processo através da assimilação e organização da informação. Embora os defeitos dos processos diminuam, Seis Sigma foca no processo que cria para, conseqüentemente eliminar os defeitos, ao invés de pensar nos defeitos diretamente (Harry e Schroeder citado em Munro, 2000).

No Seis Sigma são observados aspectos que reduzem a variabilidade de processo, de maneira a diminuir a quantidade de defeitos nos produtos, ou seja, a análise das causas raízes dos defeitos leva à sua permanente redução. Ele é uma maneira quantitativa de medir os esforços de qualidade e numericamente conseguir medir o progresso da empresa e apresentá-lo para clientes, acionistas, funcionários e fornecedores. Perez-Wilson (1999) cita que “embarcar” no Seis Sigma significa “ter um foco comum na excelência em toda a organização”.

Finn (1999) diz que para reduzir permanentemente a quantidade de defeitos é necessário agilidade organizacional e constante vigilância às mudanças do mercado, porque a melhoria dos processos é uma tarefa contínua. “Em indústrias de manufatura o Seis Sigma é o marco principal para determinar a qualidade dos produtos”.

Defeo (1999) define o Seis Sigma como um método estatístico para converter as necessidades dos clientes em projetos separados e definir as especificações ótimas para cada uma, dependendo de como elas interagem. Para ele, se aplicado corretamente, os benefícios do Seis Sigma podem se multiplicar rapidamente: motivação dos funcionários, moral, orgulho, promoções, desenvolvimento profissional e aumentos de produtividade e lucro.

Embora as ferramentas utilizadas na implantação do Seis Sigma não sejam novas, a abordagem e o desenvolvimento são únicos, e esta é a fonte de sucesso (Snee, 2000). Seis Sigma é um método de melhoria de negócios que procura encontrar e eliminar causas de erros ou defeitos no processo focando nos resultados que são importantes para os clientes.

O Seis Sigma possui duas abordagens, uma administrativa e uma técnica. A abordagem administrativa foca em escolher o processo, metas e objetivos certos, os projetos certos e trabalhar com as pessoas certas no uso de sistemas administrativos para completar com sucesso os projetos e manter seus ganhos ao longo do tempo. Do ponto de vista técnico, o foco está em melhorar os resultados dos processos aumentando o nível médio de performance e reduzindo a variação, utilizando para isso dados do processo, pensamento estatístico e métodos, e utilização de uma metodologia disciplinada. As ferramentas (estatísticas ou não) são ligadas e seqüenciadas de uma maneira única que é tanto fácil de utilizar como efetiva.

Snee (2000) afirma que há três aspectos que são novos para o Seis Sigma ou “não propriamente enfatizados” nas outras abordagens.

- Integração dos elementos humanos e do processo na melhoria
- Foco claro na obtenção de retorno financeiro

- Método que seqüencia e liga as ferramentas de melhoria à abordagem geral

O Quadro 1 apresenta os principais aspectos de integração de aspectos humanos e de processo no Seis Sigma.

Quadro 1: Integração de aspectos humanos e de processo no Seis Sigma. Fonte: Snee (2000)

<i>Aspectos humanos</i>	<i>Aspectos de processos</i>
Resultados financeiros (\$)	Melhoria de processo
Liderança da gerência	Análise de variância
Senso de urgência	Abordagem disciplinada
Foco no consumidor	Medições quantitativas
Equipes de projetos	Métodos estatísticos
Mudança de cultura	Administração do processo

O Seis Sigma busca atingir os resultados listados no Quadro 2. Cada um dos elementos da tabela é importante e produz benefícios, mas a integração de todos eles é que irá produzir resultados decisivos.

Quadro 2: Razões para o trabalho Seis Sigma. Fonte: Snee (2000).

<i>Resultados do Seis Sigma</i>
Resultados financeiros (\$)
Liderança ativa do administrador sênior
Abordagem disciplinada
Término rápido do projeto (3 a 6 meses)
Definição clara de sucesso
Criação de infra-estrutura de recursos humanos (Master Black Belt, Black Belt, Green Belt)
Foco nos clientes e nos processos
Profunda abordagem estatística

A identificação do impacto do projeto no negócio é uma das partes da metodologia. Nenhum projeto de Seis Sigma é aprovado sem que os impactos financeiros sejam identificados. Esses resultados atraem a atenção da alta administração, uma vez que suas metas geralmente estão relacionadas aos ganhos financeiros. E, como em qualquer atividade, o sucesso na implantação do Seis Sigma depende do comitê que o coordena. Defeo (1999) afirma que há perda de recursos se o executivo chefe não expressa sua visão e provê

segurança, entusiasmo e coragem assim como reconhecimento individual às realizações na concretização dos objetivos.

A metodologia Seis Sigma tem cinco passos importantes, segundo Blakeslee (1999) e LeGault (1998):

1. Definição das características críticas para qualidade.
2. Medição dos valores das características críticas em relação aos valores desejados.
3. Análise dos dados dessas medidas em termos do fator de qualidade ou nível do sigma.
4. Melhoria no desempenho quantitativo da qualidade.
5. Controle do processo para minimizar variâncias dos limites de qualidade.

Wyper e Harrison (2000) apresentam as principais questões, as quais devem ser respondidas em cada fase da implantação:

- Priorização – Quais processos tem maior prioridade para melhoria, isto é, quais são os processos chaves que irão criar influência máxima e satisfação do cliente?
- Medição – Qual é a capacidade do processo?
- Análise – Quando e onde os defeitos ocorrem?
- Melhoria – Como podemos alcançar os níveis de capacidade Seis Sigma? Quais são os poucos fatores vitais que controlam os resultados do processo?
- Controle – Que controles devem ser implementados para garantir os ganhos?

Os estágios de análise e melhoria envolvem identificação das variáveis-chave que são mais prováveis de causar variação do processo, confirmação das variáveis e modificação do controle do processo para controlar ou eliminar a variação. São nesses estágios que a equipe pode empregar técnicas usuais de qualidade e métodos para melhoria de processos como gráficos de controle, projetos de experimentos, DFX (*design for manufacturing, environment, assembling, etc.*), FMEA e outras técnicas.

Snee (2000) e Campos (1999) excluem o primeiro passo, indicando que o “modelo de aprimoramento Seis Sigma” consiste em quatro fases: medir, analisar, aprimorar e controlar (MAIC²). Eles pressupõem que ao iniciar a utilização da metodologia Seis Sigma já estão

² A sigla MAIC deriva dos termos *measure, analyse, improve e control*, termos utilizados para designar as etapas do método.

definidas as características críticas para a qualidade. Para Campos (1999) a utilização das ferramentas estatísticas se dá em um ciclo único e dinâmico, permitindo a melhoria do processo em pontos que agregam valor. Snee (2000) afirma que nenhuma outra iniciativa de melhoria de qualidade tem sido tão efetiva.

Finn (1999) adaptou a metodologia Seis Sigma, inicialmente criada para empresas de manufatura, para o ambiente de produtos virtuais, ou seja, desde que se adapte às características de qualidade, pode-se utilizar a mesma metodologia. A relevância deste trabalho está na adaptabilidade da ferramenta, inicialmente desenvolvida em ambientes de manufatura.

Segundo Blakeslee (1999) existem aspectos que podem dificultar o cálculo do Seis Sigma: necessidades múltiplas dos consumidores, várias possibilidades de defeitos em um mesmo produto/serviço, segmentos de mercado fragmentados, níveis de processo múltiplos (*multiple process levels*) e distribuições estatísticas não normais. As soluções para estas dificuldades estão apresentadas na literatura.

Blakeslee (1999) apresentou os sete princípios que precisam ser observados na implantação do Seis Sigma.

- Projetos bem sucedidos de implantação do Seis Sigma são conduzidos por líderes com ‘pulso’.
- Os esforços para o Seis Sigma devem estar integrados com as iniciativas já existentes, estratégia do negócio e medidas de desempenho. Como a liderança, este processo não pode ser delegado, ele deve ser conduzido pelo administrador sênior para mostrar a importância para todos os funcionários.
- Esforços bem sucedidos para Seis Sigma são suportados com uma organização de processo de pensamento (*process thinking*). O projeto não pode ser implantado sem um conhecimento consistente do negócio. Ou seja, quais as saídas de cada processo e o que os clientes esperam dele. O estudo do *gap* que existe entre o que o processo produz e o que os clientes esperam dele é essencial para o Seis Sigma. Organizações que identificam os projetos de melhorias não como atividades isoladas, mas como algo que melhorará todo o processo realizam as melhorias mais rápido.
- Seis Sigma requer clientes disciplinados e inteligência sobre o mercado. Deve haver um processo disciplinado para manter contato com os níveis existentes de satisfação e lealdade ao cliente, bem como controle sobre o que o mercado está fazendo e onde está indo.

- Projetos de Seis Sigma devem produzir economias ou receitas reais.
- Os esforços do Seis Sigma são conduzidos por um núcleo de líderes de equipes complementemente treinado em período integral.
- O Seis Sigma é mantido pelo reforço contínuo e recompensa de líderes que apoiam as iniciativas e as equipes de melhoria que as colocam em prática.

Blakeslee em Hunter e Schmitt (1999) disse que um dos principais fatores que distinguem o Seis Sigma do TQM é o financeiro. Ele requer uma ligação forte com a estratégia do negócio e seus resultados e um foco extensivo na definição contínua das necessidades do consumidor e do mercado.

Para Snee (2000) os ganhos do Seis Sigma são basicamente provenientes da atenção dispensada pelo administrador e da ligação da implantação com a geração de resultados financeiros.

2.1.3 ISO-9000

ISO-9000 versão de 1994 é uma série de normas internacionais que tem como premissa a padronização dos processos, e serve como método para estabelecer e manter sistemas de qualidade em empresas envolvidas na manufatura de produtos ou serviços.

Um sistema de qualidade baseado na série de normas ISO-9000 pode auxiliar as empresas a atender os requisitos dos clientes, melhorar a imagem da empresa, reduzir múltiplas auditorias e fornecer uma base para a melhoria da qualidade (retirado da internet, www.thesamgroup.com, em 03/02/2000).

O propósito inicial da ISO-9000 estabeleceu-se sobre as necessidades da União Européia. As companhias queriam servir um mercado global onde obter a ISO-9000 facilitaria as negociações entre europeus, enquanto que organizações fazendo negócios exclusivamente nos Estados Unidos notariam menos incentivos na certificação.

Nos Estados Unidos, as indústrias automotiva, aeroespacial e de telecomunicações fizeram da ISO-9000:1994 a base dos requisitos de qualidades específicos para a indústria e o FDA (*Food and Drug Administration*) incorporou-a para o ramo alimentício e farmacêutico.

Para o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos, retirado de Wilson (1999),

“A padronização promove troca, comércio através da transmissão da informação de uma maneira consistente e permitindo comparação de produtos e serviços. Mais do que isso, a padronização permite economia de

escala, promove o uso eficiente de partes e componentes na produção, facilita a difusão de tecnologia, e pode promover qualidade e segurança dos produtos, assim como hábito de limpeza no ambiente.” *Nacional Research Council*, citado em Wilson (1999).

O objetivo central da ISO 9000 é acentuar e facilitar transações através da redução de auditorias, ajudando a garantir aos clientes que tais práticas estão sendo seguidas (Reimann and Hertz (1996, *apud* Simmons e White, 1999) Eles acreditam que as empresas americanas reconhecem que a certificação significa conformidade com as práticas documentadas entretanto afirmam que a certificação necessariamente não significa (i) boa qualidade ou melhoria da qualidade dos produtos (ii) produtos que satisfazem as necessidades dos clientes (iii) níveis de qualidade semelhantes entre as empresas certificadas (iv) qualidade melhor que as empresas não certificadas ou (v) boa produtividade ou melhoria na produtividade, velocidade de resposta, competitividade ou desenvolvimento da força de trabalho.

Juran, citado por Simmons e White (1999), acredita que a percepção de que a certificação está diretamente relacionada com a qualidade pode ser a principal razão pelas quais as empresas buscam a certificação. Ele também explica que para serem competitivas em um mundo globalizado mais companhias devem buscar um sistema básico de qualidade que é esboçado pela ISO. Juran acredita que o sistema de qualidade definido pela ISO tem seu grau de mérito, mas reitera que a certificação sozinha não leva as empresas a atingir o padrão mundial de qualidade (*world-class quality*).

Juran (1999) afirma que não é verdade que quando a empresa se certifica com ISO-9000 ela adquire qualidade. Ele diz que não há estudos suficientes para saber quais os benefícios que a certificação ISO provê. Juran acredita que em empresas que estão nos primeiros estágios para a qualidade, a ISO pode se tornar um guia para implantação de um sistema de qualidade, porém, nas empresas com bons sistemas de qualidade, a padronização apenas aumenta os custos, atrasos, documentação burocrática ao invés de dar alguma vantagem competitiva.

Zhu e Scheuermann (1999) dizem que há duas diferenças principais entre TQM e ISO-9000. Primeiro, a certificação ISO-9000 enfoca em um aspecto de qualidade, consistência na produção de produtos ou serviços, e não avalia a natureza de qualidade que é dirigida ao cliente. Segundo, a certificação ISO-9000 é vista como uma meta e não como um processo contínuo de melhoria. Além disso, afirmam que a ISO e o TQM apresentam diferenças no foco, no objetivo e na sensibilidade às questões ambientais. Eles afirmam que a certificação

com as normas ISO não garante a qualidade dos produtos, apenas garante que o conjunto de documentos atesta quais são as práticas de qualidade da companhia.

Para Zhu e Scheuermann (1999) o maior ímpeto da certificação vem dos benefícios da qualidade, mesmo tendo fatores secundários como vantagens comerciais e demanda dos clientes.

Contradizendo Juran (1999) e Zhu e Scheuermann (1999), Sissell, citado em Zhu e Scheuermann (1999) relatou que 95% das companhias analisadas em um estudo obtiveram benefícios internos enquanto 85% tiveram melhorias externas.

Os principais benefícios externos da certificação são maior percepção da qualidade (citada por 83% das empresas estudadas), vantagem competitiva (70%), redução das auditorias de qualidade do cliente (56%), aumento da demanda dos clientes (29%), aumento da participação no mercado (18%) e diminuição do *lead time* (6%).

Os benefícios internos são melhoria na documentação (88%), maior cultura de qualidade entre os funcionários (83%), melhoria da comunicação interna (53%) e aumento da eficiência operacional (40%).

Anton (1999) declara que a vantagem obtida em certificar uma empresa antiga é de que é possível atualizar os empregados e a empresa. As vantagens obtidas neste caso são que os processos ficam mais consistentes depois da certificação. “Ficou mais fácil alocar ou realocar os funcionários”.

Simmons e White (1999) apresentam uma comparação entre uma amostra de empresas certificadas com ISO e não certificadas, em termos de lucro, exportações e desempenho operacional. Dizem que há diferença significativa entre o lucro e as exportações entre as empresas certificadas e as não certificadas quando fixado o tamanho da empresa. Embora esta diferença seja significativa pode ser que seja influenciada por outros fatores, como, por exemplo, companhias que estão mais envolvidas com programas de qualidade em geral estão mais propensas a serem certificadas, então o fato de terem programas de qualidade pode influenciar mais que o fato de serem certificadas.

Naveh *et al.*(1998) após terem desenvolvido e aplicado um sistema de qualidade em uma empresa, concluíram que um bom programa deve atingir três níveis – nível individual, de equipes e organizacional. Eles ressaltam que (i) é necessária uma cultura forte de qualidade na empresa, (ii) que a ISO-9000 não deve ser implementada sozinha e (iii) é necessário tempo para ver os resultados.

Observando as necessidades das empresas em obter com a certificação o “padrão mundial de qualidade” previu-se a necessidade de uma revisão da versão de 1994. Assim, foram inseridas novas seções: responsabilidade da administração, administração de recursos, realização de produtos e/ou serviços e medida, análise e melhoria.

A nova versão da norma ISO-9000 a ISO-9000:2000 apresenta modificações que podem corrigir falhas observadas na versão antiga. Uma das queixas da versão de 1994 era de que ela não fazia com que a empresa melhorasse por si só, ela apenas exigia que a empresa padronizasse seus procedimentos usuais. Com as novas modificações propostas para a versão ISO-9000:2000 a norma ganha uma nova orientação, construída sobre a abordagem do processo, satisfação dos clientes e melhoria contínua. Por exemplo, é exigido que a empresa tenha procedimentos não só de coleta de dados, mas também de análise e tomada de decisão baseada nos dados. Isto força as empresas a buscar o aperfeiçoamento contínuo.

As principais diferenças entre a versão 1994 e a versão 2000 foram no modelo de processos e na linguagem. Uma visão sistêmica da organização que usa as respostas dos consumidores como fonte de informação para guiar processos internos e usa a satisfação do cliente, confiança e *feedback* para realimentar o processo em um contínuo processo de melhoria – o PDCA do TQM. Quanto à linguagem, os requisitos e descrições focados à indústria de manufatura (na primeira versão) foram substituídos para abranger as indústrias de serviço.

Como análise final a ISO-9000:2000 está mais focada no controle de qualidade tradicional e na garantia de qualidade, visando tornar-se um modelo moderno, baseado em informações. Um sistema de qualidade guiado pelos clientes que irá agregar valor aos processos das organizações (retirado de www.thesangroup.com citando Quality Digest, Out. 1999).

2.1.4 QS-9000

Os Requisitos do Sistema de Qualidade QS-9000 foram desenvolvidos com o objetivo de harmonizar os sistemas de qualidade das montadoras Chrysler, Ford e General Motors, respectivamente Manual de Garantia da Qualidade do Fornecedor, Norma de Sistema de Qualidade – Q101 e Objetivos para a Excelência. A ISO 9001:1994 foi adotada como base para o QS-9000.

“A meta dos Requisitos do Sistema de Qualidade QS-9000 é o desenvolvimento de sistemas básicos da qualidade que promovam a melhoria contínua, enfatizando a prevenção de

defeitos e a redução de variações e desperdícios em toda a cadeia de fornecimento” (QS-9000, 1997).

Além dos requisitos compreendidos na norma ISO-9000, a QS-9000 abrange outros requisitos, que podem servir como base para melhorias contínuas em qualidade e produtividade.

Sugere-se que sejam identificadas oportunidades de melhorias em qualidade e produtividade tais como: parada não programada da máquina, tempos de preparação de máquina, troca de ferramentas, mudança de máquina, tempo excessivo de ciclo, refugo, retrabalho e reparo, uso do espaço físico sem valor agregado, variação excessiva, capacidade do lote inicial menor que 100%, médias de processo não centralizadas no valor alvo (especificações bilaterais), requisitos de ensaios não justificados pelos resultados acumulados, desperdício de mão de obra e materiais, custo excessivo da não qualidade, dificuldade na montagem ou instalação do produto, manuseio e armazenamento excessivos, novos valores alvo para otimizar processos dos clientes, baixa capacidade do sistema de medição, insatisfação do cliente (por exemplo: reclamações, reparos, devoluções, embarques incorretos, pedidos incompletos, problemas na planta do cliente, garantia, etc.).

Exige-se que haja conhecimento das medidas e metodologias e que as mesmas sejam aplicadas sempre que necessário. As medidas e metodologias citadas são: índices de capacidade, cartas de controle (variáveis e atributos), carta de soma acumulativa, projeto de experimentos, operação evolucionária de processos, teoria das restrições, eficácia global do equipamento, custo da qualidade, análise de partes por milhão, análise de valor, método de solução de problemas, referência para nível de excelência (benchmarking), análise de movimento / ergonomia e dispositivos à prova de erros.

As etapas para planejar a qualidade segundo a QS-9000, citadas por Thisse (1998), são:

1. Planejamento e definição do programa: determinar as necessidades e expectativas dos clientes, para planejar e definir o programa de qualidade. A idéia é garantir, antes de começar o planejamento e desenvolvimento de um serviço ou produto ou ainda o processo produtivo associado ao novo produto, que as necessidades e expectativas dos clientes serão bem entendidas.

2. *Design* e desenvolvimento do produto: utilizar técnicas que transformam a opinião dos clientes em características de projeto.

3. *Design* e desenvolvimento do processo: fase para adicionar qualidade ao produto. Criar processos que produzirão os produtos com qualidade, que os consumidores estejam esperando e ao mesmo tempo com custos de produção acessíveis.

4. Validação do produto ou processo: analisar uma parte da produção para ver se a produção em larga escala produzirá os resultados esperados. O objetivo é ver se o processo a longo prazo é capaz de produzir como deveria.

5. *Feedback*, avaliação, e ações corretivas: realizar a análise da variação do processo, identificando causas comuns e especiais de variabilidade.

Segundo Thisse (1998), as maneiras de implementar a qualidade avançada exigem seguir algumas etapas:

- Determinar o treinamento necessário.
- Fazer com que o processo seja visível e identificar onde a organização já está utilizando metodologias multidisciplinares. Caso não estejam sendo usadas, é necessário que sejam estabelecidos fluxos macro. Se o processo for muito detalhado, utilizar fluxos micro.
- Identificar quais as atividades de planejamento avançadas que já estão sendo feitas.
- Desenvolver um plano para a implementação.

Munro (2000) faz uma análise comparativa entre as normas QS-9000 e o Seis Sigma. Ele afirma que a QS visa mais aspectos de programa, observando vários projetos ao mesmo tempo, enquanto que, sob o ponto de vista do Seis Sigma, foca-se em um aspecto por vez, embora todos estejam conectados e em busca do objetivo comum que é a redução da variabilidade. O Quadro 3 apresenta uma tabela comparativa entre as duas abordagens segundo Munro (2000).

Quadro 3: Comparativo entre QS-9000 e Seis Sigma. Fonte: Munro (2000)

<i>Seis Sigma</i>	<i>QS-9000</i>	<i>Diferença</i>
<i>Medição</i>		
Selecionar características críticas para a qualidade	Planejamento avançado para qualidade do produto	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Definir padronização da performance	Planejamento avançado para qualidade do produto	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Validar o sistema de medição	Análise do sistema de medição	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
<i>Análise</i>		
Estabelecer capacidade do produto	Controle estatístico do processo	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Definir objetivos de performance	Planejamento avançado para qualidade do produto	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Identificar as fontes de variação	Controle estatístico do processo	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
<i>Melhoria</i>		
Antever as possíveis causas	8 disciplinas globais*	Ambas são específicas de projeto
Descobrir os relacionamentos entre as variáveis	8 disciplinas globais*	Ambas são específicas de projeto
Estabelecer as tolerâncias operacionais	8 disciplinas globais*	Ambas são específicas de projeto
<i>Controle</i>		
Validar o sistema de medição	Análise do sistema de medição	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Determinar capacidade do processo	Controle estatístico do processo	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
Implementar controles de processos	Planos de controle	Seis Sigma visão de projeto QS-9000 visão de programa
* Global 8 Disciplines – Ford Motor Co.’s problem solving technique		

2.2 Ferramentas da engenharia da qualidade

“Não é possível inspecionar ou testar qualidade em todos os produtos; o produto deve ser construído corretamente na primeira vez. Isso implica que o processo de manufatura deve ser estável e que todos os indivíduos envolvidos com o processo (incluindo operadores, engenheiros, pessoas envolvidas com o controle de qualidade e gerenciamento) devem ser continuamente aperfeiçoados para aumentar a performance do processo e reduzir a variabilidade dos parâmetros principais”. (Montgomery, 1990, 99)

A ferramenta de engenharia da qualidade mais conhecida é o controle estatístico do processo (CEP), que está descrita a seguir.

2.2.1 Controle estatístico do processo

A *American Society for Quality* apresenta a definição para controle de qualidade como sendo o “conjunto de técnicas operacionais e atividades que sustentam a qualidade do produto ou serviço que satisfará certas necessidades”. O controle de qualidade envolve técnicas e atividades operacionais visando o monitoramento de um processo e a eliminação das causas de desempenho insatisfatório, de modo a permitir que uma empresa obtenha eficiência econômica.

Uma das maneiras que pode ser utilizada para que seja feito o controle de qualidade nas empresas é através do controle estatístico do processo (CEP).

A premissa do CEP é controlar o comportamento de variáveis ao longo do tempo, através da inspeção por amostragem, reduzindo a variabilidade do processo, monitorando e vigiando o processo e estimando os parâmetros dos produtos ou processos (Montgomery, 1990). O monitoramento dos processos através de inspeção por amostragem é uma maneira mais barata e despense menos tempo que a inspeção 100%.

Os estudos iniciais sobre controle estatístico do processo foram propostos no início do século. Até meados de 1970 houve muitos avanços nesta área, mas feitos por poucos pesquisadores, se comparados com outras áreas da estatística. As atividades de pesquisa cresceram dos anos 80 em diante, muito devido à revolução da qualidade, que foi causada pelo comércio internacional.

O CEP pode ser aplicado em todos os processos e suas maiores ferramentas são: histograma, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de concentração de defeitos, diagrama de dispersão, carta de controle.

As ferramentas da qualidade são utilizadas para coletar, processar e dispor as informações necessárias ao giro do ciclo PDCA para manter e melhorar resultados (Werkema, 1995a).

Entre as ferramentas estatísticas, a carta de controle é provavelmente a mais sofisticada. Os fundamentos básicos dos gráficos de controle foram propostos pelo Dr. Walter Shewhart entre as décadas de 20 e 30 no *Bell Telephone Laboratories*. A premissa básica de uma carta de controle é diferenciar a variação usual da não usual em um processo.

Por variação usual entende-se a variabilidade intrínseca que está presente em todos os processos. Esta variação nos resultados do processo é causada por fatores comuns, e, quando pequena, torna aceitável a performance do processo. Neste caso o processo está estabilizado, ou sob controle estatístico.

Outro tipo de variação pode ocorrer nos resultados dos processos. Este tipo de variação é, em geral, maior que a variação usual do processo, e diz-se que ela deve ter sido provocada por causas especiais de variabilidade. As principais causas são: utilização não apropriada das máquinas, erros dos operadores ou matérias primas defeituosas (Montgomery 1990, p. 102).

Uma carta de controle típica é apresentada na Figura 1. Ela apresenta a linha central, calculada como o valor médio das amostras. Os limites de controle superior e inferior são estabelecidos de tal forma que, se o processo estiver sob controle, a probabilidade de um ponto exceder os limites é muito pequena, ou seja, indica que causas especiais devem estar atuando no processo. O cálculo dos limites de controle pode ser obtido em Montgomery (1990) e o formulário utilizado no decorrer deste trabalho está em anexo.

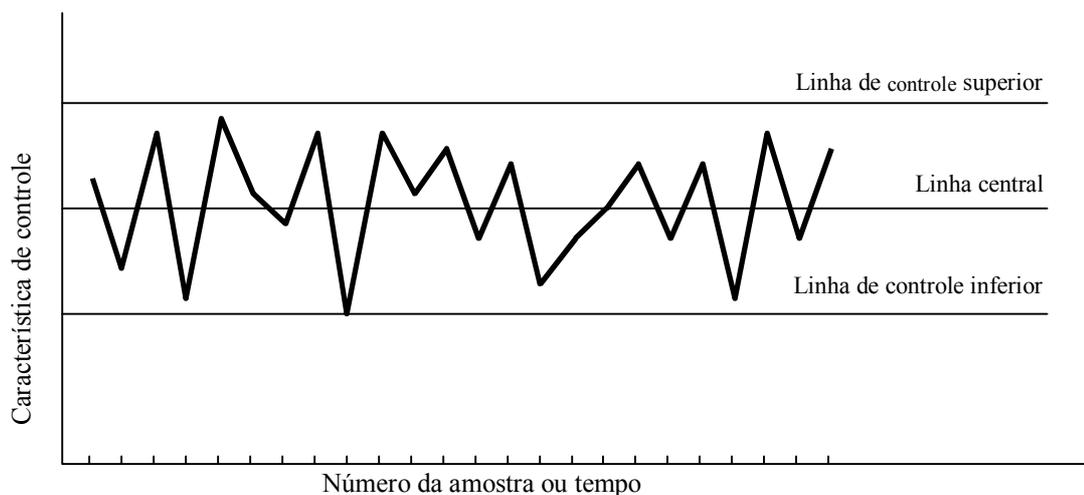


Figura 1: Carta de controle

As principais vantagens do uso das cartas de controle, apresentadas em Ribeiro e Caten (2000) são:

- permitir que o monitoramento do processo seja executado pelos próprios operadores;
- auxiliar o processo a atingir alta qualidade, baixo custo unitário, alta capacidade efetiva e consistência e previsibilidade;
- fornecer uma linguagem comum para discutir o desempenho do processo;

- fornecer distinção entre causas comuns e especiais;
- e, como consequência, servir de guia para ações locais ou gerenciais.

Espera-se que os pontos estejam distribuídos aleatoriamente entre os limites superior e inferior. Caso sejam detectados comportamentos não aleatórios na seqüência dos dados é possível que causas especiais estejam atuando sobre o processo. Neste caso é necessário que sejam identificadas as causas dos desvios e corrigidas, assegurando-se que elas não ocorram mais, melhorando continuamente o processo.

As causas comuns de variabilidade são dificilmente removidas sem que se atue sobre o processo. O maior objetivo do CEP é detectar rapidamente as causas especiais para que seja feito um esforço de encontro da causa e remoção, fazendo que ações deste tipo reduzam continuamente a variabilidade dos processos. Ao identificar e eliminar as causas especiais, é importante que os esforços sejam dirigidos para a solução permanente do problema. Uma ação paliativa não melhorará o processo.

Shingo (1996) critica a utilização do CEP. Ele diz que a informação pode servir como inspeção informativa, mas, “de qualquer maneira, as medidas são sempre tomadas após o fato; é necessário que a ação preventiva seja realizada antes que o defeito ocorra”. Ele acredita que no caso de defeitos eventuais as cartas de controle podem não ser eficientes, pois há uma possibilidade significativa dos problemas chegarem ao consumidor.

Claramente há vários enganos nas afirmativas de Shingo referentes ao CEP. Ao que parece ele está pensando em cartas de controle posicionadas no final da linha de produção, avaliando o produto acabado. No entanto, o CEP pode e deve ser aplicado no início da linha, monitorando parâmetros do processo, onde há ampla oportunidade de ajustes antes que qualquer peça defeituosa venha a ser produzida. Além disso, não deve ser esquecido que o CEP enfatiza ações permanentes, no sentido de eliminar as causas especiais. Essas ações são de caráter eminentemente preventivo, impedindo que defeitos ocorram no futuro. Por fim, o CEP busca processos estáveis e com alta capacidade, onde a probabilidade de problemas chegarem ao consumidor pode ser reduzida a níveis tão baixos quanto forem economicamente viáveis. Por exemplo, a metodologia Seis Sigma considera que 3,4 defeitos por milhão é um bom compromisso entre custo e qualidade. Mas nada impede uma empresa de operar segundo a metodologia de 10 sigma, estabelecendo este critério em seus estudos de capacidade e reduzindo o percentual de defeituosos a virtualmente zero.

A determinação da freqüência e do tamanho da amostragem depende da intenção da empresa na detecção das mudanças no processo. Sabe-se que, do ponto de vista das

informações estatísticas, o ideal seria coletar freqüentemente amostras de tamanho grande. Entretanto restrições financeiras e de tempo exigem que se otimize a coleta dos dados. Quando se pretende detectar pequenas mudanças no processo, Montgomery (1990) sugere coletar grandes amostras, em períodos de tempo maior. Caso o interesse seja em detectar grandes mudanças no processo, é ideal coletar pequenas amostras mais freqüentemente. Para Ribeiro e Caten (2000) “a freqüência de amostragem deve ser definida de forma que exista uma chance potencial de mudança dos resultados de um subgrupo para o outro”, o que equiivale a dizer que as amostras devem ser independentes.

DeVor *et al.* (1992) discutem a freqüência ideal e a escolha do tamanho do subgrupos. Para eles, a freqüência de amostragem da coleta dos dados deve ser feita com cuidado e deve ser determinada com base em alguns aspectos, tais como:

- Nas condições do processo, ou seja, processos onde nunca foram feitos estudos de estabilidade exigem freqüência de amostragem maior para que seja possível identificar as oportunidades de melhorias mais rapidamente. Quando o processo apresenta-se estável, o período de tempo entre a freqüência das coletas de dados pode ser aumentado.
- A freqüência com que os eventos acontecem no processo. Em alguns casos os eventos demoram mais para acontecer. Nestes casos a freqüência deve ser espaçada. Outros processos apresentam perfil rápido de mudanças, logo as amostras devem ser mais freqüentes para garantir que possíveis causas especiais sejam detectadas.
- Custo e dificuldade da amostragem. Se as análises são relativamente caras e principalmente, se destrõem as peças, a freqüência deve ser reduzida.

O tamanho dos subgrupos depende de fatores como:

- Capacidade em detectar mudanças no processo. Subgrupos muito grandes podem conter muita variabilidade, tornando difícil a diferenciação entre causas comuns e especiais.
- Os subgrupos devem assegurar que as médias das amostras sigam a distribuição normal. Quanto maior o tamanho dos subgrupos, mais rápido o valor médio tenderá á distribuição normal, o que é uma das suposições das análises.

- Os subgrupos devem assegurar boa sensibilidade à detecção de causas especiais. Quanto maior o subgrupo, mais provável será a detecção das mudanças do processo.
- Os subgrupos devem ser pequenos o suficiente para serem viáveis. A viabilidade pode ser econômica, no caso dos custos de amostragem serem altos, ou pode ser por razões de disponibilidade de tempo dos envolvidos.

DeVor *et al.* (1992) sugerem que cada caso deve ser bem pensado, não existindo padrões pré-estabelecidos de tamanho do subgrupo e frequência de coleta dos dados.

O processo de melhoria utilizando carta de controle, segundo Montgomery (1990) pode ser visualizado na Figura 2.

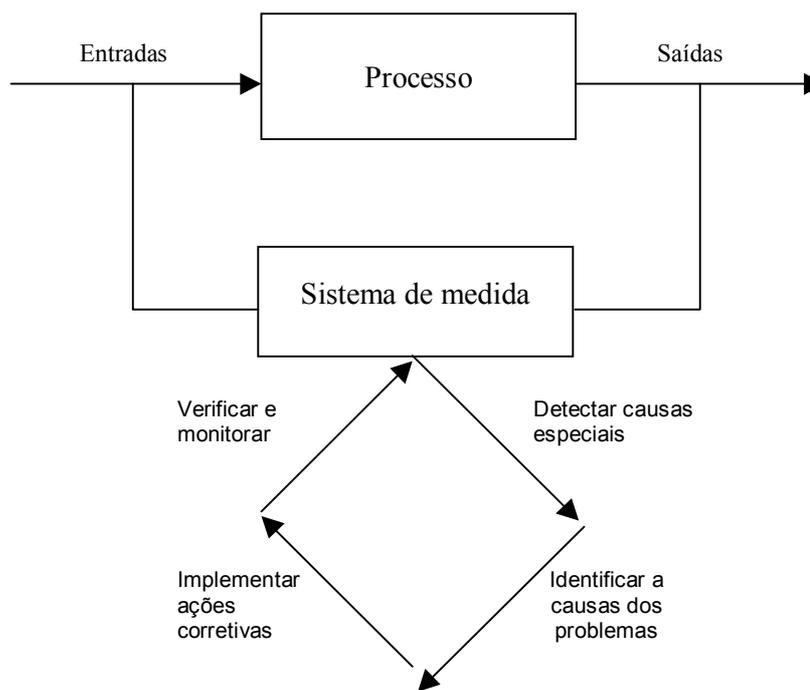


Figura 2: Processo de melhoria. Fonte: Montgomery (1990)

As cartas de controle podem ser classificadas em dois tipos: cartas para variáveis e cartas para atributos.

Se a característica pode ser medida e expressa em uma escala contínua, a carta é denominada carta de controle para variáveis. Este tipo de carta é utilizada no caso de medidas de peças, bitolas, comprimentos, pesos, entre outras características.

Caso a característica não possa ser expressa em uma escala contínua, a carta é denominada carta de controle por atributos. Os exemplos mais comuns deste tipo de característica são o número de defeitos por produto ou o número de defeituosos.

Existem vários tipos de cartas de controle, onde cada uma se destina a um uso específico. As cartas de controle mais utilizadas são as cartas de média e mediana e as de desvio-padrão e amplitude. Informações mais específicas a respeito dos diferentes tipos de cartas de controle podem ser obtidas em Montgomery (1990) ou em Ribeiro e Caten (2000).

2.2.2 Capacidade do processo

O estudo da capacidade dos processos reflete a capacidade que o processo tem de produzir os produtos de acordo com as especificações dos clientes.

A capacidade do processo só pode ser avaliada depois de assegurado que o processo encontra-se em controle estatístico, ou seja, depois de assegurado que não existem causas especiais atuando sobre ele. Mesmo que um processo esteja com variabilidade controlada (estabilizado), assim mesmo pode ser que a variabilidade seja muito grande e, neste caso, a variabilidade dos dados é devida às causas comuns.

A capacidade do processo é definida a partir da faixa $\mu \pm 3\sigma$ (faixa característica do processo). Se o processo estiver sob controle, e se for verdadeira a suposição de normalidade, 99,73% dos valores da variável de interesse devem pertencer a esta faixa. Para estudar a capacidade do processo compara-se esta faixa com as especificações (Werkema, 1995b).

Uma maneira de expressar a capacidade dos processos é através dos índices de capacidade. Para calcular os índices exige-se que o processo seja estável e possua distribuição similar à distribuição normal.

Os índices de capacidade mais utilizados são o C_p e C_{pk} . Utiliza-se o C_p quando é possível assumir que o processo está centrado no valor médio, uma vez que o cálculo de C_p leva em conta apenas as especificações do processo e sua variabilidade. Assim conclui-se que C_p mede a capacidade potencial do processo. Por sua vez, o cálculo do valor de C_{pk} leva em consideração o valor da média do processo. Logo, o C_{pk} pode ser interpretado como uma medida da capacidade real do processo. Quando um processo estiver centrado na média, os valores de C_p e C_{pk} serão iguais.

A Figura 3 apresenta as cartas de controle e os gráficos de capacidade no caso de estabilidade e capacidade.

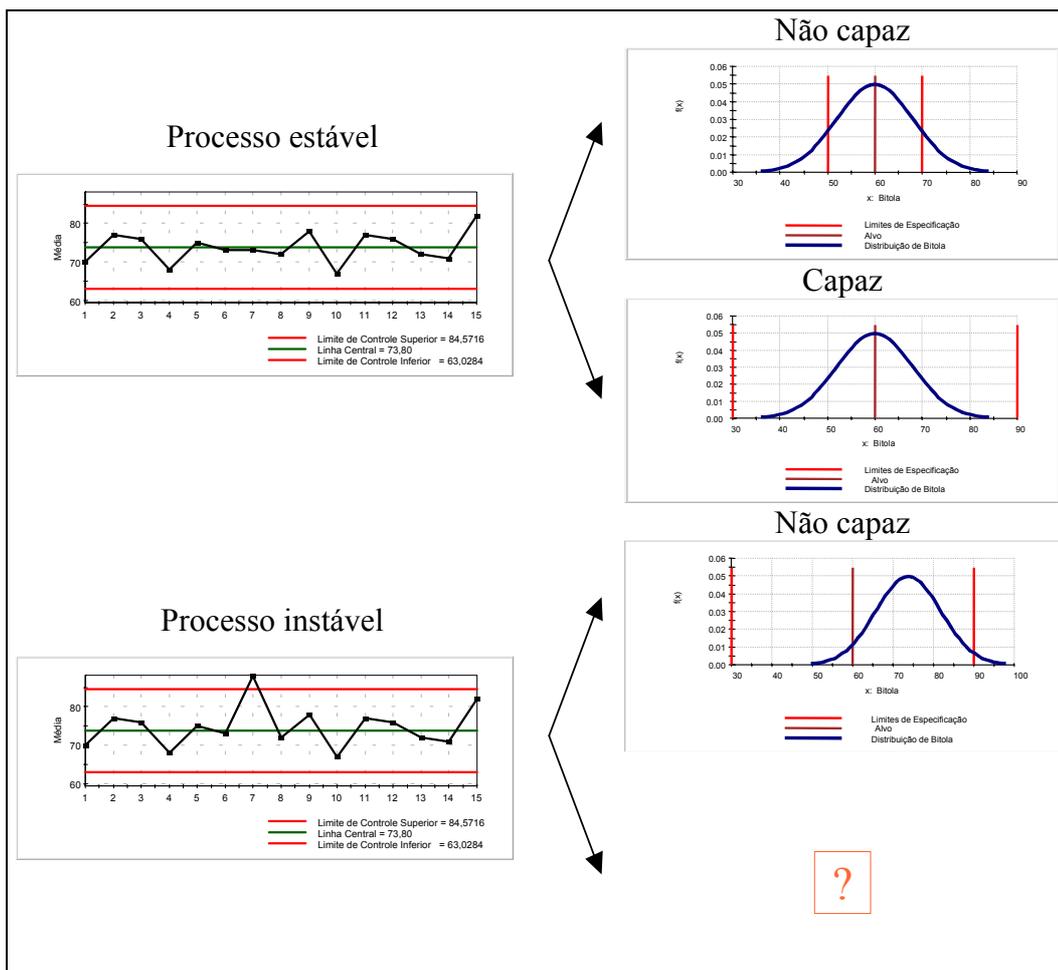


Figura 3: Estabilidade e capacidade do processo. Fonte: Ribeiro e Caten (2000)

Dependendo da situação do processo, algumas medidas devem ser tomadas. Se o processo estiver apresentando $C_{pk} < 1,0$ é porque a proporção de itens não conformes é grande. Processos nestas condições (estáveis, mas não capazes) exigem ações gerenciais. Alguns aspectos que podem ser revistos neste caso são o treinamento de pessoal, revisão dos procedimentos, revisão do ajuste de parâmetros, melhoria na matéria prima, manutenção e troca de equipamentos (Ribeiro e Caten, 2000). Podem ser utilizadas ferramentas como o MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) ou projeto de experimentos.

Se o processo for capaz, deve-se garantir que ele se mantenha capaz ou então pode-se “estretar” as especificações. A decisão de “estretar” a faixa das especificações garante que se busque o melhoramento contínuo do sistema.

2.2.3 Análise dos sistemas de medição

Uma vez que a validade das análises relativas ao desempenho do processo depende da validade dos dados, é essencial que o sistema de medição³ seja adequado. As definições utilizadas nesta seção foram retiradas de Ribeiro e Caten (2000) e QS-9000 (1997).

Se todas as medidas realizadas em um sistema sob condições estáveis estão próximas do valor verdadeiro da característica, diz-se que a qualidade dos dados é alta. Da mesma forma, se algumas (ou todas) das medidas estão longe do valor padrão, então a qualidade dos dados é baixa.

As propriedades estatísticas mais comumente utilizadas para caracterizar a qualidade de dados são a tendência (afastamento do valor verdadeiro) e a variância (dispersão em torno do valor verdadeiro).

Uma das razões mais comuns de dados com baixa qualidade é a grande variação (erro) nas medidas realizadas. Muito da variação em um conjunto de medições é devido à interação entre o sistema de medição e seu meio ambiente. Se a interação gera muita variação, então a qualidade dos dados pode ser tão ruim que os dados se tornam inúteis, visto que a variação dos dados pode mascarar a variação do processo produtivo.

Um sistema ideal de medição produziria somente medidas corretas, todas as vezes que fosse utilizado. Um sistema de medição que produzisse medições deste tipo, teria propriedades estatísticas de variância zero, tendência zero e probabilidade zero de classificação errônea de qualquer produto que ele medisse.

A qualidade de um sistema de medição é geralmente determinada unicamente pelas propriedades estatísticas dos dados que ele produz. Outras propriedades como custo, facilidade de uso, etc. são também importantes por contribuírem para a conveniência geral de um sistema de medição. Mas a qualidade de um sistema é determinada pelas propriedades dos dados produzidos.

Apesar de poder ser exigido que cada sistema de medição tenha diferentes propriedades estatísticas, algumas delas todos os sistemas de medição devem possuir:

- o sistema de medição deve estar sob controle estatístico;

³ O termo medição é definido como sendo a atribuição de números para coisas materiais, para representar as relações entre elas no que se refere a propriedades particulares. Esta definição foi dada primeiramente por C. Eisenhart em 1963 (QS-9000, 1997).

- a variabilidade do sistema de medição deve ser pequena em comparação com a variabilidade do processo de manufatura;
- a variabilidade do sistema de medição deve ser pequena se comparada com os limites de especificação;
- os incrementos de medida devem ser pequenos em relação à variabilidade do processo ou aos limites de especificação.

As propriedades estatísticas do sistema de medição podem mudar à medida que variem os itens que estão sendo medidos. Se isto ocorrer, a maior (pior) variação do sistema de medição deve ser pequena quando comparada com a variabilidade do processo ou os limites de especificação.

Os sistemas de medição podem ser analisados quanto:

- Estabilidade: variação nas medições obtidas com o sistema de medição medindo uma única característica na mesma peça ou padrão ao longo de um extenso período de tempo.
- Tendência: diferença entre a média observada e o valor de referência.
- Linearidade: desempenho do sistema de medição ao longo de toda sua faixa de uso.
- Repetitividade: variação das medidas obtidas com um dispositivo de medição quando usado várias vezes por um operador medindo a mesma característica na mesma peça.
- Reprodutibilidade: variação média das medidas feitas por diferentes operadores utilizando o mesmo dispositivo de medição e medindo característica idêntica nas mesmas peças.

Estudos de repetitividade e reprodutibilidade (R&R) podem ser realizados utilizando-se um dos três métodos: método da amplitude, método da média e amplitude e método da ANOVA. A escolha por um deles depende da quantidade de peças disponíveis para a análise, do tipo de medição (por variável ou por atributo) e do tempo disponível para as análises. A Figura 4 apresenta o fluxograma de aplicação dos métodos segundo QS-9000 (1997).

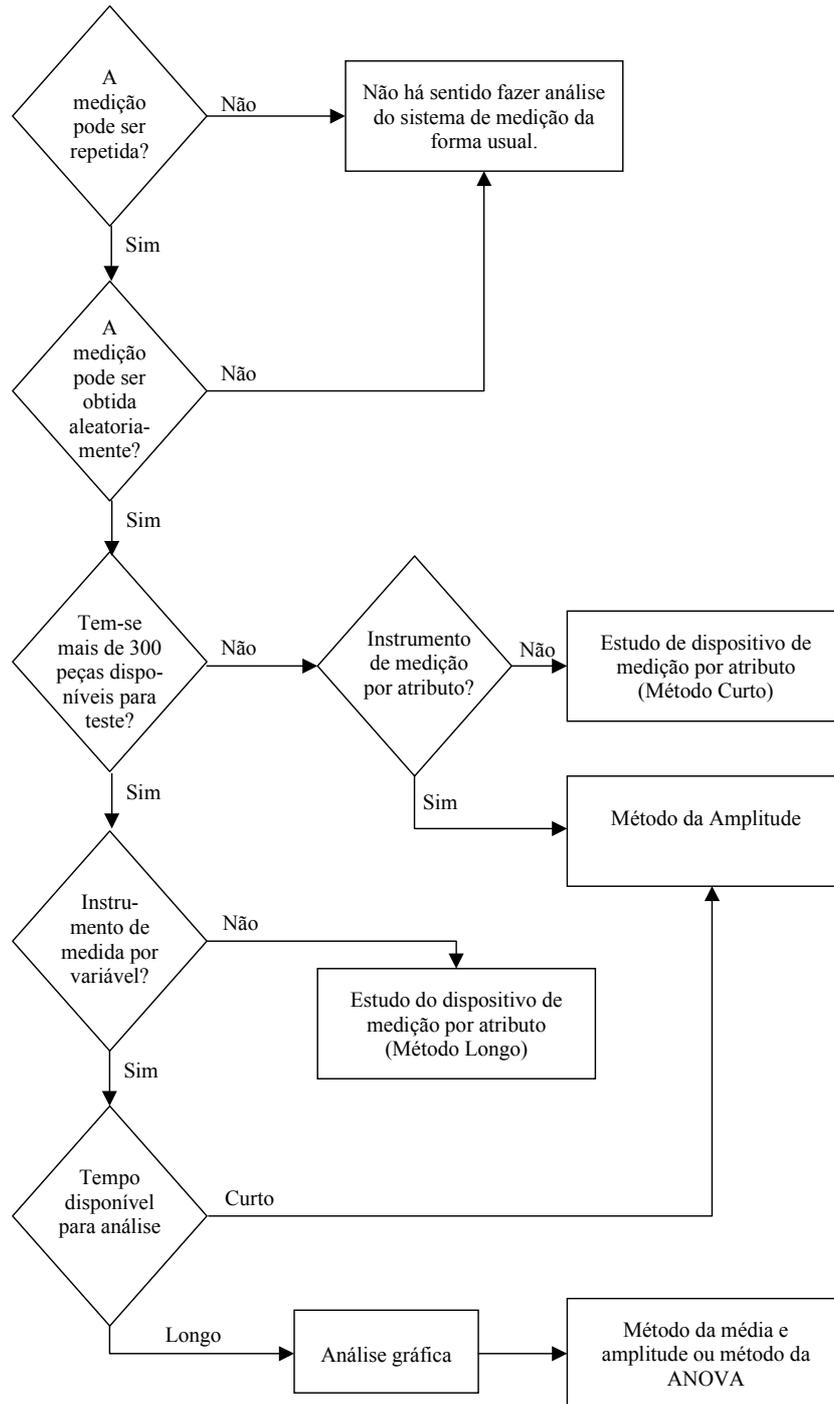


Figura 4: Fluxograma de aplicação dos sistemas de medição segundo QS-9000. Fonte: QS-9000 (1997)

O formulário básico para análise do sistema de medição de acordo com o método formal de R&R está apresentado no anexo.

2.2.4 FMEA

Entre as ferramentas mais conhecidas para o suporte no desenvolvimento de produto encontram-se o QFD (Desdobramento da Função Qualidade) e a FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha). A seguir será apresentada a ferramenta FMEA, a qual será utilizada no decorrer do trabalho.

A FMEA é empregada na análise das falhas (problemas) pertinentes ao projeto do produto ou em processos técnicos e administrativos. Essa técnica funciona como uma ferramenta para a identificação das causas fundamentais dos problemas, a priorização das causas das falhas quanto a sua importância e risco e o estabelecimento de planos de ação para bloqueá-las (Werkema, 1995a).

Brieda (1998) fala da importância de fazer um trabalho desde o desenvolvimento do produto, para que sua garantia possa ser assegurada e cita a FMEA como uma das principais ferramentas para isso.

A FMEA é uma ferramenta que auxilia na identificação e eliminação de problemas potenciais, portanto, deve ser vista como uma ação antes do evento e não exercício após o fato e deveria ser um catalisador para estimular a troca de idéias entre os departamentos envolvidos e assim promover uma abordagem de equipe. É uma ferramenta complementar ao processo de desenvolvimento de projeto e faz com que o mesmo contenha os requisitos que satisfaçam plenamente as necessidades dos clientes.

A norma internacional QS-9000 (1997) apresenta a FMEA e as principais características associadas a ela, indicando a primeira utilização formal da FMEA em meados dos anos 60, sendo aplicada como uma inovação da indústria aeroespacial.

Seus principais objetivos são reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem ocorrer em um produto/processo e seus efeitos, identificar ações que podem eliminar ou reduzir a chance do modo de falha potencial vir a ocorrer e documentar o processo de análise.

A utilização apropriada da FMEA dá suporte ao desenvolvimento do projeto, reduzindo os riscos de falhas, pois:

- auxilia na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
- considera os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial;
- aumenta a probabilidade de que os modos de falha potenciais e seus efeitos nos sistemas e na operação do veículo tenham sido considerados no processo de desenvolvimento/projeto;

- proporciona informações adicionais para ajudar no planejamento de programas de desenvolvimento e de ensaios de projeto eficientes e completos;
- desenvolve uma lista de modos de falhas potenciais classificadas de acordo com os seus efeitos no cliente (usuário final, engenheiros de projeto de montagens de níveis superiores e/ou responsáveis pelos processos de manufatura, montagem, assistência técnica);
- proporciona uma forma de documentação aberta para recomendar e rastrear ações de redução de risco; e
- proporciona referências para no futuro ajudar na análise de problemas de campo, na avaliação de alterações de projeto e no desenvolvimento de projetos avançados.

Para uma correta elaboração da FMEA, é ideal que o engenheiro responsável envolva direta e ativamente representantes de todas as áreas envolvidas. Estas áreas devem incluir, mas não limitar-se, a montagem, manufatura, materiais, qualidade, assistência técnica e fornecedores. Na construção da FMEA devem ser avaliados produtos finais, subsistemas, componentes e sistemas relacionados, de tal maneira que as falhas potenciais sejam descritas e entendidas.

A QS-9000 sugere iniciar o desenvolvimento de uma FMEA de projeto através da compreensão do processo, o que poderia ser obtido através da elaboração do diagrama de blocos⁴, permitindo o entendimento das entradas, saídas e funções do processo. Sugere também que as cópias dos diagramas de blocos acompanhem a FMEA.

No estudo detalhado no capítulo 3 é utilizada a FMEA de processo. A FMEA de processo deveria começar com um fluxograma /avaliação de risco do processo global, que deveria identificar as características do produto/processo associadas a cada operação. Deveria ser incluída, se disponível, a identificação dos efeitos no produto pela FMEA de projeto correspondente. As cópias do fluxograma/avaliação de risco do processo utilizados na execução da FMEA deveriam acompanhar a mesma.

Para facilitar a documentação e análise das causas de falhas potenciais e suas conseqüências foi desenvolvido um formulário que está apresentado na norma QS-9000.

⁴ Um diagrama de blocos ilustra as relações primárias entre os itens cobertos pela análise e estabelece a ordem lógica da análise. (QS-9000, 1997)

3 ESTUDO DE CASO

O estudo realizado trata da utilização da metodologia de estabilização de processos desenvolvida na empresa siderúrgica Aços Finos Piratini. O estudo foi realizado em conjunto, envolvendo uma equipe interna da empresa e pesquisadores do PPGE/UFGRS.

O desenvolvimento da metodologia consistiu na união de ferramentas técnicas que já eram utilizadas na empresa, requisitos especificados na norma QS-9000, conceituação teórica fornecida pela equipe de pesquisadores e experiência prática dos coordenadores.

3.1 Descrição da empresa

A empresa onde foi desenvolvida e implementada a metodologia é a siderúrgica Aços Finos Piratini, empresa do grupo Gerdau S/A.

A Gerdau surgiu em 1901, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, com o nome de Companhia Fábrica de Pregos Pontas de Paris, pequena indústria que se transformou na Metalúrgica Gerdau, hoje *holding* das empresas Gerdau, com capacidade de produção 6,6 milhões de toneladas de aços longos e especiais. Atualmente, está presente em todo o território nacional, no Uruguai, Canadá, Chile, Argentina e Estados Unidos, atendendo segmentos da indústria da construção civil, metal-mecânica, automotiva e o setor agropecuário.

Em 1992 houve a privatização da siderúrgica estatal Aços Finos Piratini, em Charqueadas/RS, que foi comprada pelo Grupo Gerdau. Após a privatização, a empresa passou a operar visando competir no mercado sem o suporte do governo federal. Houve investimentos nos processos produtivos, focando melhorias em qualidade e produtividade.

Como a empresa sempre dispôs de uma “cultura de qualidade”, no final de 1998 houve a necessidade de investir na estabilização dos processos. A decisão foi interna, mas sofreu alguma influência da certificação com a norma internacional QS-9000. Esta empresa pertence à cadeia de fornecedores das indústrias automobilísticas, no nível de fornecedor secundário, de acordo com a Figura 5.

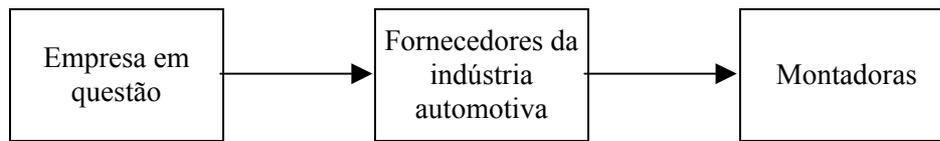


Figura 5: Cadeia produtiva

A estrutura organizacional da parte produtiva da empresa pode ser vista na Figura 6.

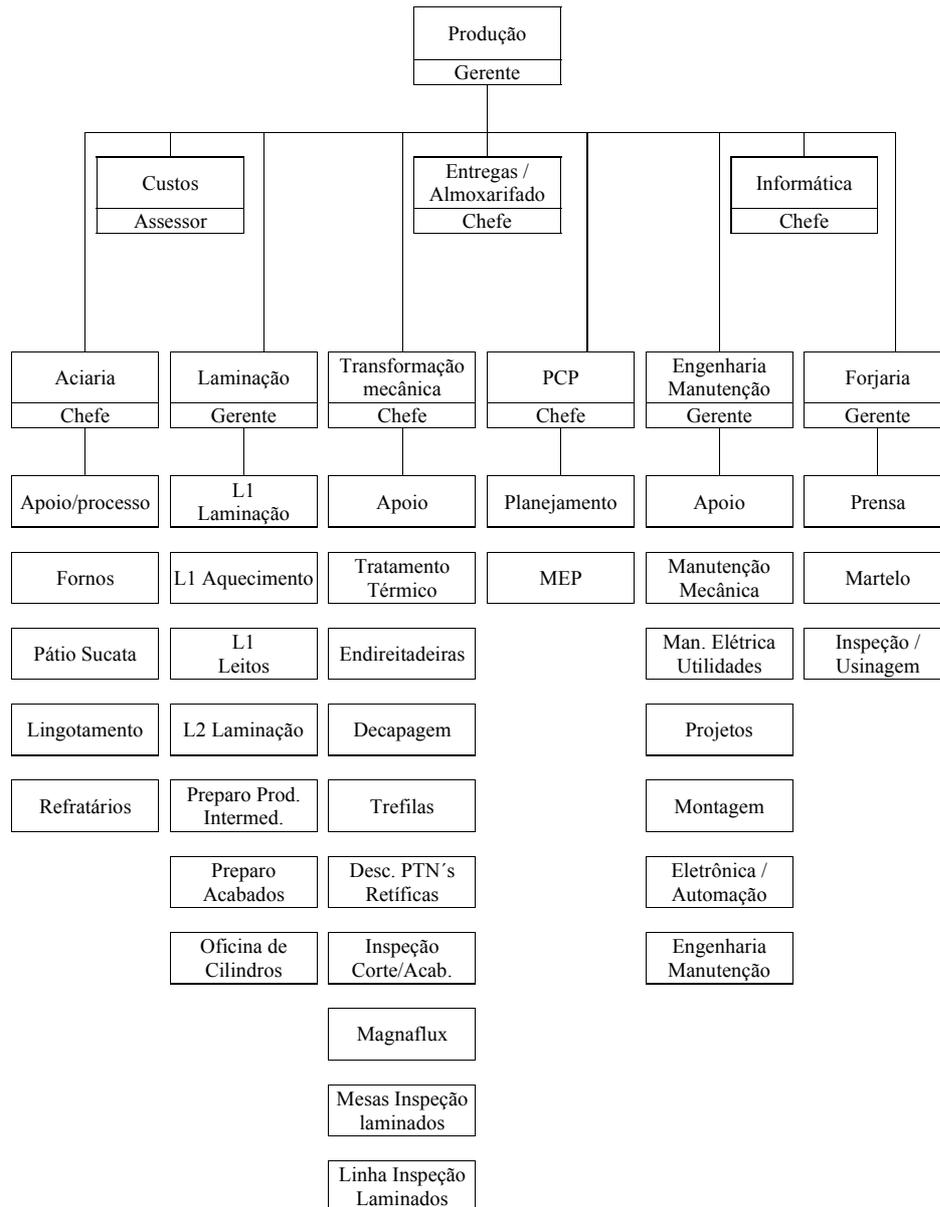


Figura 6: Organograma funcional da parte produtiva da empresa

Em cada setor, sob supervisão dos gerentes, ainda trabalham os facilitadores e os operadores.

Na descrição da metodologia, apresentada a seguir, serão apresentados os objetivos de cada etapa e os respectivos resultados esperados.

3.2 Estabilização de processos

A metodologia de estabilização de processos utilizada no estudo de caso consiste em treze etapas, que estão interligadas, o que significa que os resultados obtidos em uma etapa são de grande importância como entradas da etapa seguinte. Desta maneira as primeiras etapas devem ser bem desenvolvidas, pois são elas que irão determinar os resultados das demais etapas.

As etapas podem ser agrupadas em dois grandes grupos: padronização e estabilização.

A padronização divide-se nas etapas:

1. Definição do processo crítico, itens de controle e metas
2. Montagem do fluxo do processo crítico
3. Análise do processo
4. Montagem da tabela de garantia do processo (TGP)
5. Padronização das tarefas críticas e treinamento dos operadores
6. Implantação da auditoria de padrões e tratamento de anomalias

E a estabilização concentra-se nas etapas finais:

7. Planejamento da implantação do CEP
8. Avaliação do sistema de medição
9. Treinamento dos operadores para o CEP
10. Implantação do CEP
11. Análise de estabilidade
12. Análise de capacidade
13. Reavaliação da implantação

O projeto foi implantado durante o período de Novembro de 1998 a Dezembro de 1999. O período inicial (aproximadamente seis meses) concentrou a realização de reuniões

periódicas com a equipe externa e interna, formada por facilitadores, operadores e gerentes. Nessas reuniões foram realizados os trabalhos de padronização do sistema, descritos a seguir nos itens 3.2.1 a 3.2.6. As reuniões contavam também com a presença de pessoas externas à empresa, que contribuíam nos aspectos metodológicos e teóricos da implantação. A segunda fase (itens 3.2.7 a 3.2.13), estabilização dos processos, consistiu no planejamento da implantação do CEP e nas etapas de monitoramento.

A responsabilidade pela implantação do processo ficou a cargo do gerente de recursos humanos e qualidade, que coordenou o projeto em todas as áreas através de reuniões de acompanhamento realizadas mensalmente.

O projeto foi implantado em sete áreas produtivas (setores) simultânea e independentemente. As áreas onde o trabalho foi implementado foram:

- Aciaria: contemplando as seções de aciaria e fornos
- Laminação: incluindo laminação 1, laminação 2 e preparo
- Transformação Mecânica: linha de inspeção de laminados e linha de inspeção de acabados

A opção pela implantação simultânea deu-se devido à necessidade de concluir o trabalho no período proposto em todas as áreas⁵, portanto, não seria possível iniciar com uma área piloto, como sugerido na literatura.

O plano de metas da empresa abordou os aspectos apresentados no Quadro 4, que apresenta os itens de controle e seus objetivos. Os itens de controle listados nesse quadro são genéricos e valem para todas as áreas.

Quadro 4: Itens de controle definidos no plano de ação para os setores.

<i>Item de controle</i>	<i>Objetivo</i>
Desvios por trincas (vários tipos)	Reduzir
Reclamações de clientes	Reduzir
Custo operacional	Reduzir
Produção horária	Aumentar
Índice de confiabilidade	Aumentar
Defeitos falsos	Reduzir

Como a metodologia de estabilização de processos implementada foi a mesma em todas as áreas, os resultados apresentados a seguir serão referentes a uma das áreas somente, a laminação, porém resumem os aspectos tratados em todos os setores.

As etapas da metodologia de estabilização de processos estão apresentadas a seguir.

3.2.1 Definição do processo crítico, itens de controle e metas

Na etapa inicial da metodologia identificou-se um processo⁶ com resultados indesejáveis levando-se em conta qualidade, custo, entrega, moral e segurança. Nos casos onde o sistema produtivo é complexo, deve-se focar por tipo de produto ou equipamento, usando para isso fatos e dados. Após definir o processo, definiu-se os itens de controle, as metas e ganhos que seriam obtidos ao estabilizar-se este processo.

A definição do processo crítico e dos itens de controle e metas foi feita reunindo-se uma equipe multifuncional do setor e pessoas ligadas aos departamentos relacionados. Algumas vezes, as empresas já possuem o processo crítico definido, visto que ele é relacionado com as metas da empresa ou setores “hierarquicamente superiores”.

Ressalta-se que há diferença conceitual entre itens de verificação e itens de controle. Os itens de verificação são os parâmetros do processo. Ou seja, são as “principais variáveis que afetam um determinado item de controle de um processo e que podem ser medidas e controladas”.

Já os itens de controle, também denominados de características de qualidade ou indicadores, são “características mensuráveis por meio das quais um processo é gerenciado”, portanto, dizem respeito aos resultados do processo. Os itens de controle e os itens de verificação estão ligados por uma relação de causa-efeito. Esta definição é importante, pois esclarece os objetivos desta etapa.

Werkema (1995a) diz que um processo é gerenciado por meio de seus itens de controle (indicadores), os quais devem ser acompanhados periodicamente para que seja possível detectar eventuais resultados indesejáveis do processo.

⁵ O período para implantação do projeto havia sido definido no plano de ação da empresa para 1999.

⁶ Entende-se processo como sendo um conjunto de causas tendo um objetivo, produzir um efeito específico, que será denominado produto do processo.

São exemplos de itens de controle ou indicadores: número de reclamações procedentes⁷ dos clientes (unidades), quantidade de sucata (toneladas de aço), quantidade de material retrabalhado (toneladas de aço) e quantidade de material desviado com concessão (toneladas de aço).

Percebe-se que todos os itens de controle refletem a mesma causa: falha do processo produtivo. Quando estas falhas são percebidas na empresa, o material é desviado (encaminhado para outro cliente que aceite tal material), retrabalhado ou, na pior das hipóteses, sucateado. O número de reclamações reflete falhas na produção que não foram detectadas durante a produção, ou seja, foram percebidas já na empresa do cliente. Por este motivo definiu-se o número de reclamações dos clientes como sendo o item de controle a ser analisado.

Como resultado desta etapa obteve-se um estudo histórico dos resultados deste processo, como o apresentado na Figura 7.

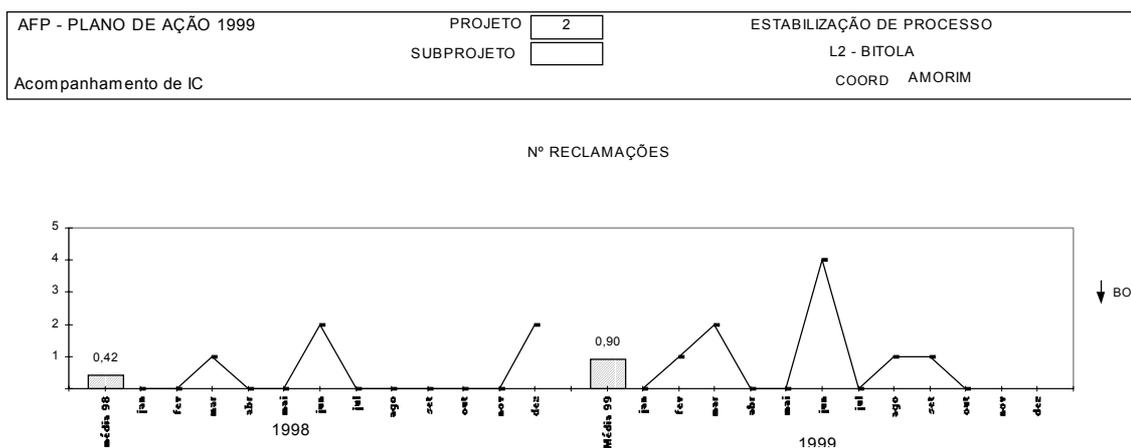


Figura 7: Histórico de defeitos

Embora o item de controle de hierarquia superior tenha sido as reclamações dos clientes, foi necessário fazer um estudo mais profundo indicando quais são os defeitos que provocam reclamações dos clientes, ou seja, para que não houvesse mais reclamações dos clientes seria necessário eliminar uma série de defeitos que ocorrem durante o processo.

⁷ Reclamação procedente é definida como a reclamação onde o cliente tem razão, ou seja, houve realmente falha da empresa. Criou-se esta classificação pois muitas reclamações são provenientes de clientes que não estão corretos em relação à reclamação (produto de outro fornecedor, erro no pedido, ...)

Estes defeitos foram identificados através de relatórios internos e através de sessões de *brainstorming* envolvendo os responsáveis pelo processo.

Assim, a seleção dos possíveis defeitos no processo (itens de controle de hierarquia inferior) registrou defeitos classificados como defeitos de sanidade interna e defeitos relativos à dimensão e forma, como apresentado no Quadro 5.

Quadro 5: Possíveis defeitos no processo produtivo

<i>Defeitos de sanidade interna</i>	<i>Defeitos dimensionais e de forma</i>
Bombril	Amassamento
Carepa incrustada	Aresta / bigode
Descarbonetação	Comprimento incorreto
Dobras	Corte irregular
Escamas	Empenamento
Manuseio	Espiras emaranhadas
Marcas de canais	Fora de bitola
Marcas de roletes	Ovalização
Pontas abertas	Pontas tortas
Respingo	Quebra de material
Riscos	Vazio
Trincas longitudinais curtas	
Trincas longitudinais contínuas	
Trinca caldeada	
Trinca transversal	

As metas para cada item de controle são a redução ao valor zero, embora a experiência demonstre que é difícil atingir valor zero para estes itens.

3.2.2 Montagem do fluxo do processo crítico

Após definir o item de controle crítico em 3.2.1, montou-se o fluxo do processo relativo a este item de controle.

A montagem do fluxo foi feita por um grupo de pessoas que estavam relacionadas com o processo. No grupo estavam incluídas pessoas de todos os níveis, ou seja, funcionários, facilitadores e equipe de apoio.

O fluxo do processo contempla a seqüência de etapas do processo ou atividades que permitem produzir ou obter o resultado desejado. A análise cuidadosa do fluxo permitiu que todas as etapas fossem visualizadas pelas pessoas que fazem parte do processo, assim como que fosse uniformizada a nomenclatura utilizada por elas.

O fluxo pode ser de dois tipos: macro fluxo, onde constam apenas as principais etapas, sem se deter em cada atividade, ou fluxo detalhado, onde todas as atividades estão relacionadas no desenho.

Na área laminação o macro fluxo do processo consistiu no descrito na Figura 8.

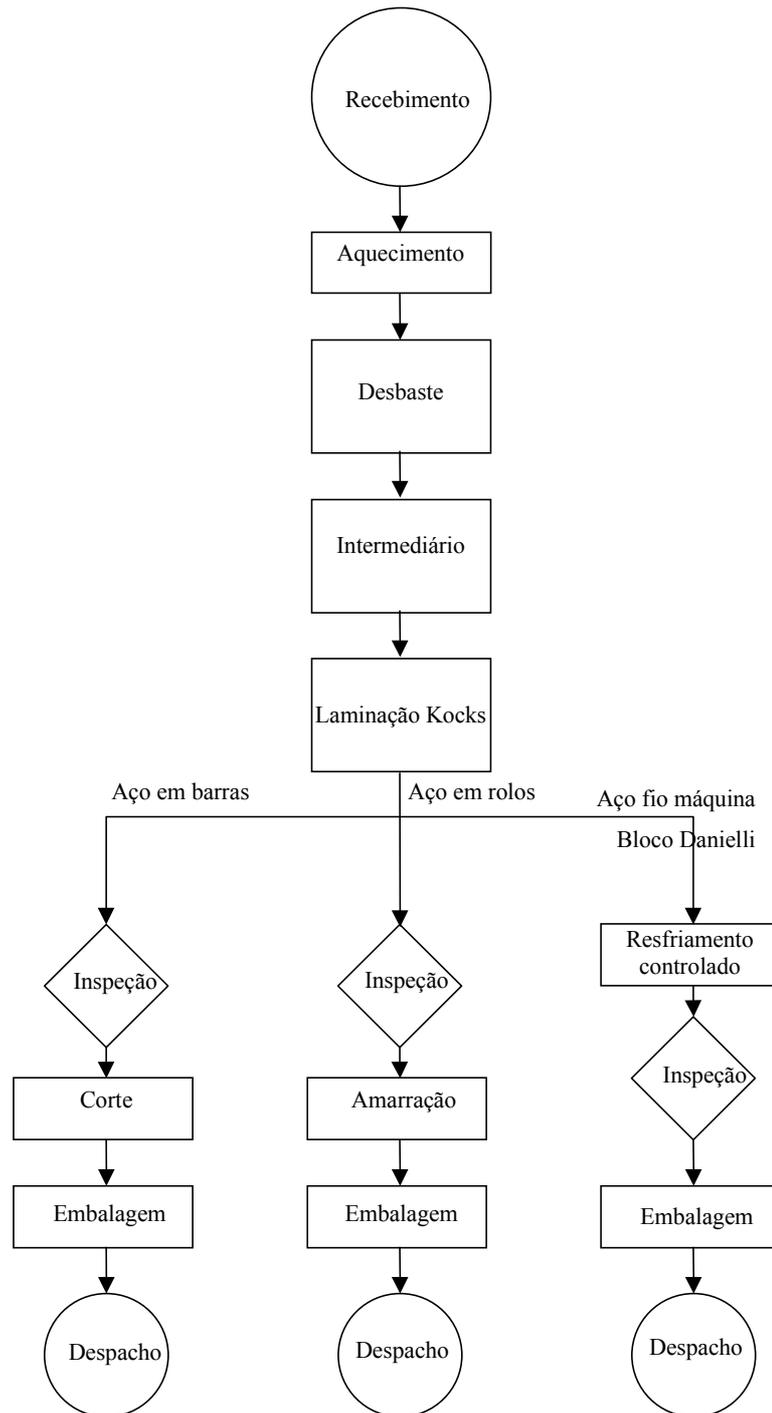


Figura 8: Macro fluxo do processo

O fluxo detalhado pode ser visto no Quadro 6. Nele estão apresentadas todas as atividades que devem ser executadas em cada etapa. Seria possível detalhar mais o fluxo, desdobrando cada atividade, porém este não é o objetivo desta etapa, que é uma etapa preparatória para priorização das atividades.

Quadro 6: Fluxo detalhado do processo

<i>Etapa</i>	<i>Atividades</i>
<i>Recebimento do material</i>	Conferência do material Seqüência de ordens de produção Inspeção visual tarugo Inspeção de comprimento
<i>Enfornamento / Aquecimentos</i>	Controle de comp. Tarugo Controle da temperatura Controle do tempo Procedimento antimistura Descarepador
<i>Preparação do Laminador Gaiola F1</i>	Controle de canais Troca cilindro – aperto das cunhas Troca cilindro – equilibrar cilindros Troca cilindro – conferência do axial Troca cilindro – aperto das charneiras Troca cilindro - aperto dos parafusos fixação do cilindro intermediário Alinhamento das caixas de guias Conferência das dimensões dos perfis Conferência da luz dos cilindros Acerto dos relógios Verificar refrigeração dos cilindros Regulagem de barrões Girador de barras Impulsionador IV1 e IV2
<i>Preparação do Laminador Trem Intermediário GH2 a GV10</i>	Controle de canais Troca cilindro - equilibrar cilindros Troca cilindro - conferência do axial Troca cilindro - aperto dos parafusos de fixação Alinhamento das caixas e guias Conferência da luz dos cilindros Acerto dos relógios Verificar refrigeração dos cilindros Alinhamento das Gaiolas Montagem das caixas de resfriamento
<i>Preparação do bloco kocks</i>	Controle de Canais Instalação das Gaiolas Controle de roletes das guias Montagem dos tubos de entrada e saída
<i>Laminação de barras e rolos (garrets)</i>	Posicionamento do diverter (barra / rolos) Ajuste da bitola Inspeção de processo Procedimento antimistura
<i>Corte / resfriamento de barras e rolos</i>	Seleção das lâminas Verificar comprimento Temperatura de corte Procedimento antimistura Embalagem / despacho
<i>Tratamento térmico do processo</i>	Tratamento Procedimento antimistura
<i>Preparação do bloco Danielli</i>	Controle de Canais Montagem das Gaiolas Montagem das Guias - entrada, saída e condutores Posicionamento da linha de pesca Ajuste da bitola
<i>Saída de produto do Danielli</i>	Saída de fio máquina (estação de tratamento) Embalagem / pesagem Procedimento antimistura

3.2.3 Análise do processo

Após ter-se claramente definidas as atividades do processo crítico, foi importante estabelecer a ordem de priorização das atividades em relação aos aspectos considerados importantes pela empresa.

A priorização das atividades garantiu que fossem investidos esforços de estabilização de processos nas principais atividades do processo, ou seja, naquelas que mais impactavam o resultado do processo, de acordo com os critérios que foram definidos pela equipe.

As atividades podem ser priorizadas de acordo com a importância econômica (o valor que é agregado ao produto naquela atividade), de segurança (se não completada com sucesso, como esta atividade pode prejudicar o produto ou funcionário), qualidade do produto (que tipo de defeito essa atividade pode causar) ou outros aspectos definidos em cada situação.

Para analisar o processo de laminação e a ocorrência de defeitos relacionados com ele, foi desenvolvida uma matriz que consistiu na união das atividades do processo *versus* os defeitos (apresentados no Quadro 5) que podem ser gerados se a atividade não for realizada com sucesso, como indicado na Figura 9.

		Defeitos					
		D1	D2	Dc
Atividades do processo produtivo	A1		▲				
	A2						
	...						
	...	○					
	...						
	A1						

Figura 9: Matriz de atividades e defeitos

O preenchimento da matriz de atividades foi uma tarefa que demandou o conhecimento prático das inter-relações entre as atividades e seus efeitos. Logo, o preenchimento exigiu o envolvimento das pessoas que detém o conhecimento das etapas contidas no processo que foi estudado.

A autora considera esta tarefa muito importante, não só pela sua utilização no projeto de estabilização de processos, mas também como forma de integrar a equipe e fazer com que

todos percebam a importância de cada atividade. É um exercício de aprendizagem e percepção que, se bem aproveitado, pode trazer grandes benefícios para as empresas.

O preenchimento pôde ser dividido em três etapas:

1. atribuição de pesos aos defeitos;
2. relacionamento entre as atividades e os defeitos e
3. conhecimento da situação atual da empresa em relação a cada atividade.

Após realizadas estas etapas obteve-se a priorização das atividades, que foi feita com base nos resultados obtidos.

3.2.3.1 Atribuição de pesos aos defeitos

Para que pudesse ser determinada a importância de cada defeito, foram analisadas sua gravidade, ocorrência e detecção. Isso pôde ser feito respondendo algumas questões, que estão apresentadas no Quadro 7.

As respostas das pessoas foram convertidas em uma escala ordinal crescente, onde à medida que o valor crescia na escala, mais crítica era a situação. No trabalho foi utilizada uma escala de 0 a 10, porém a escala utilizada pode variar, pois se trata apenas de um indicador de prioridade, não importando a magnitude da escala utilizada.

Quadro 7: Escala de pesos

<i>Questão</i>	<i>Resposta</i>
É muito grave?	Sem gravidade ←————→ Gravíssimo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
É fácil de acontecer?	Nunca acontece ←————→ Sempre acontece 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Se o defeito ocorrer, qual a chance de ser detectado ainda na empresa?	Grande ←————→ Pequena 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Assim, a importância de cada defeito foi obtida a partir da multiplicação dos três aspectos abordados, obtendo-se valores de no mínimo 1 e no máximo 1000 para cada defeito.

Como neste caso existiam defeitos de dois tipos (sanidade interna e dimensional e defeitos de forma) optou-se por transformar os pesos de cada defeito em valores relativos à importância por tipo de defeito. Esta transformação foi feita utilizando-se o percentual para

cada defeito, tanto para sanidade interna quanto para defeitos dimensionais e de forma, como indica a Tabela 1.

Observou-se que 27,5% da importância dos defeitos dimensionais e de forma são referentes a barras fora de bitola. Trata-se de um defeito muito severo (peso 10), que acontece bastante (peso 10), mesmo sendo relativamente fácil de ser detectado (peso 3). E em relação aos defeitos de sanidade superficial, os de maior importância foram as trincas caldeadas e dobras.

Tabela 1: Pesos dos defeitos

		É muito grave?	É fácil de acontecer?	Qual a chance de detectar?	Resultados	
		G	O	D		
Sanidade superficial	Trinca longitudinal contínua	8	3	1	24	1,5%
	Trinca caldeada	10	3	8	240	14,6%
	Trinca longitudinal curta	10	10	1	100	6,1%
	Trinca transversal	10	8	1	80	4,9%
	Dobra	10	8	3	240	14,6%
	Ponta aberta	8	3	1	24	1,5%
	Escama	8	5	1	40	2,4%
	Risco	10	10	1	100	6,1%
	Respingo (provocado oxicorte)	6	8	1	48	2,9%
	Carepa incrustada	9	7	1	63	3,8%
	Bombril	10	3	4	120	7,3%
	Manuseio	10	4	4	160	9,7%
	Marca de canal	6	3	8	144	8,7%
	Marca de rolete	7	5	5	175	10,6%
	Descarbonetação	9	10	1	90	5,5%
Dimensional e forma	Aresta / bigode	10	10	1	100	9,2%
	Fora de bitola	10	10	3	300	27,5%
	Ovalização	9	7	3	189	17,3%
	Amassamento (impulsador)	5	3	1	15	1,4%
	Vazio (kocks)	10	8	1	80	7,3%
	Corte irregular	2	1	3	6	0,5%
	Quebra de material	10	1	1	10	0,9%
	Empenamento	10	10	2	200	18,3%
	Espira emaranhada	10	8	1	80	7,3%
	Ponta torta	3	7	1	21	1,9%
Comprimento incorreto	9	2	5	90	8,2%	

3.2.3.2 Relacionamento entre as atividades e os defeitos

O relacionamento entre as atividades e os defeitos foi uma atividade que demandou um tempo relativamente grande da equipe. Tornou-se necessário rever todas as relações entre

as atividades e os defeitos, resultando em uma matriz $l \times c$, onde l representou o número de linhas (atividades) e c representou o número de colunas (tipos de defeitos) analisados na matriz (ver Figura 10).

		Defeitos					
		D1	D2	Dc
Atividades do processo produtivo	A1					3	
	A2		9				
	...	1				1	
	...		3				
	...				9		
	...						
	Al						3

Figura 10: Alocação de pesos para relações entre atividades e defeitos

Para a avaliação de relacionamentos, Akao (1990) sugere que seja utilizada a escala 1 a 9, onde 1 significa que há relacionamento fraco entre a atividade e o defeito, 3 indica que há relacionamento médio e 9 implica em relacionamento forte entre a execução da atividade e a ocorrência de defeitos. Pode-se utilizar também os valores intermediários entre 1 e 9.

Para cada atividade, encontrou-se a soma ponderada das relações utilizando-se na ponderação o peso de cada defeito. A soma ponderada serviu como parâmetro na definição da importância de cada atividade. Parte do preenchimento da matriz de processos está apresentado na Figura 11. Na coluna inicial estão listadas as atividades do processo, que vão sendo relacionadas com a importância de cada tipo de defeito.

		Sanidade superficial														Dimensional e forma															
		Trinc. Longitudinal Contínuas	Trinca caideada	Trinc. Long. Curtas	Trinca transversal	Dobras	Pontas abertas	Escamas	Riscos	Respingo (provocado exicente)	Carepa incrustada	Bombril	Manuseio	Marcas de canais	Marcas de roletes	Descarbonetação	Areia / bigode	Fora de bitola	Ovalização	Amassamento (Impulsionador)	Vazio (kocks)	Corte irregular	Quebra de material	Empenamento	Espiras emaranhadas	Pontas tortas	Comprimento incorreto	Importância	Capacidade	Know-how	Resultado
E muito severo?	S	8	10	10	10	10	8	8	10	6	9	10	10	6	10	6	10	10	6	10	10	2	10	10	10	3	9				
É fácil de acontecer?	O	3	3	10	8	8	3	5	10	8	7	3	4	3	5	10	10	10	7	3	8	1	1	10	8	7	2				
Qual a chance de ser?	D	1	8	1	1	3	1	1	1	1	1	4	4	8	5	1	1	3	3	1	1	3	1	2	1	1	5				
		24	240	100	80	240	24	40	100	48	63	120	180	144	175	90	100	300	189	15	80	6	10	200	80	21	90				
		1,5	14,6	6,1	4,9	14,6	1,5	2,4	6,1	2,9	3,8	7,3	9,7	8,7	10,6	5,5	9,2	27,5	17,3	1,4	7,3	0,5	0,9	16,3	7,3	1,9	8,2				
Recebimento do material																															
Conferência do material	Identificação físico x programa e contagem						1								3		1	1	1	1	1					3	105	9	8	1,5	
Seqüência de OP's	Sequenciamento otimizado														3		1	1	1	1	1					3	104	9	8	1,4	
Inspeção visual tarugo	Defeitos acentuados	3	3	3	3	3	3	3																				136	5	7	3,9
Inspeção de comprimento	Tamanho do tarugo																									9	74	5	7	2,1	
Enfornamento / Aquecimentos																															
Controle de comp. tarugo	Comprimento do tarugo																									9	74	5	8	1,9	
Controle da temperatura	Temperatura adequada	9	9	9	9	3	9	9		9		3	9			9	9	9	9		9						983	7	8	17,5	

Figura 11: Preenchimento inicial da matriz de priorização das atividades

A Tabela 2 apresenta as atividades já priorizadas de acordo com o peso de cada atividade.

Tabela 2: Principais atividades em relação aos defeitos

Atividade	Etapa	Importância	Capacidade	Conhecimento	Peso da atividade
Ajuste da bitola	Laminação de barras e rolos	838	6	6	23,3
Ajuste da bitola	Preparação do Bloco Danielli	698	5	7	20,0
Controle da temperatura	Enfornamento / Aquecimento	983	7	8	17,5
Tratamento	Tratamento térmico do processo	695	8	7	12,4
Controle de roletes guias	Preparação Bloco Kocks	426	6	6	11,8
Controle de canais	Prep. Lam. Trem Interm. GH2-GV10	354	5	7	10,1
Montagem das guias	Preparação do Bloco Danielli	538	7	8	9,6
Controle de canais	Preparação do Bloco Danielli	537	7	8	9,6
Controle do tempo	Enfornamento / Aquecimento	567	7	9	9,0
Controle de canais	Preparação Bloco Kocks	451	8	7	8,1

3.2.3.3 *Conhecimento da situação atual da empresa em relação às atividades*

Esta etapa pôde ser definida como uma etapa de diagnóstico da situação atual de cada atividade ligada ao processo. Nela foram investigados aspectos de capacidade e de conhecimento (*know how*).

Por capacidade entendeu-se a situação da atividade, ou seja, estimou-se se a atividade estava correspondendo às especificações estabelecidas. Se cada atividade fosse entendida como sendo um (pequeno) processo, pertencente a uma cadeia de fornecimento, poderia ser associada a ela uma medida que indicasse sua capacidade. Neste caso seria possível pensar em percentual de vezes que a atividade completou sua função de acordo com o esperado.

O conhecimento (*know how*) da equipe que trabalha em cada atividade indicou o quanto de conhecimento e treinamento o pessoal possuía sobre cada atividade. Por exemplo, para algumas atividades percebeu-se que os operadores possuíam domínio, enquanto em outras não havia domínio suficiente para a correta realização da atividade.

A capacidade e o conhecimento de cada atividade foram estimados de acordo com o consenso dos participantes das reuniões, resultando numa escala crescente, com valores até 10. Quanto melhor era a situação da atividade em relação à capacidade e conhecimento, maior valor lhe era atribuído. O intervalo de valores e a escala foram definidos pela equipe, mas uma vez estipulados valeram para todas as atividades.

As colunas *Capacidade* e *Conhecimento* da Figura 11 e Tabela 2 apresentam os resultados para esta fase. As atividades listadas na tabela são as que apresentaram menor valor resultante da multiplicação da capacidade pelo conhecimento. Ou seja, as atividades que se mostraram piores tanto em relação à capacidade quanto em relação ao conhecimento acumulado, conforme a avaliação das pessoas que participaram do preenchimento da matriz. Deve-se ressaltar que estas atividades podem não ter uma importância significativa no processo de laminação das barras e rolos, isto é, podem não agregar muito valor ao produto. A importância das atividades foi estabelecida quando foram obtidos os resultados finais, levando em conta a priorização com relação aos defeitos e os pesos das atividades.

Como priorização final foi feito o quociente entre a priorização apresentada na coluna *Importância* e nas colunas *Capacidade* e *Conhecimento*, e os valores de *Capacidade* e *Conhecimento*. Ou seja, como fator de priorização utilizou-se o resultado da equação 1.

$$\text{Peso da atividade} = \frac{\text{Importância}}{\text{Capacidade} \times \text{Conhecimento}} \quad (1)$$

Assim, foram priorizadas as atividades mais importantes e, ao mesmo tempo, que apresentaram menor capacidade e/ou são menos conhecidas.

Através da priorização, as atividades foram ordenadas desde a mais importante até a menos importante, levando em conta os aspectos de relacionamento com defeitos, capacidade e conhecimento.

Obtiveram-se como atividades críticas no processo de laminação do aço os ajustes da bitola em duas etapas do processo. Ou seja, atuando-se sobre o ajuste da bitola pretendeu-se reduzir a quantidade de defeitos na laminação. O Quadro 8 apresenta os principais resultados obtidos na matriz de priorização das atividades na laminação.

Quadro 8: Importância das atividades

<i>Ordem de importância</i>	<i>Atividade</i>	<i>Etapa</i>
1	Ajuste da bitola	Laminação de barras e rolos (Bloco Kocks)
2	Ajuste da bitola	Laminação de fio máquina (Bloco Danielli)
3	Controle da temperatura	Enfornamento / Aquecimento
4	Tratamento	Tratamento térmico do processo
5	Controle de roletes das guias	Preparação do bloco kocks
6	Controle de canais	Preparação do Laminador Trem Intermediário GH2 a GV11
7	Montagem das Guias	Preparação do bloco Danielli
8	Controle de Canais	Preparação do bloco Danielli
9	Controle do tempo	Enfornamento / Aquecimentos
10	Controle de Canais	Preparação do bloco kocks

As três fases de priorização das atividades, descritas nesta seção, garantiram que o controle do processo fosse alocado nas principais atividades.

3.2.4 Montagem da tabela de garantia do processo

As tabelas de garantia do processo (TGP) são tabelas que associam os aspectos da qualidade assegurada, resultados e ações corretivas para cada atividade do processo.

A necessidade de haver TGPs impressas e com cópias controladas em todos os processos provém da QS-9000 e das normas da empresa.

A redação de cada TGP seguiu o modelo estipulado na empresa, e pôde ser feita em paralelo com as atividades anteriormente citadas, pois todos os processos tiveram que apresentar suas TGPs.

Como aspectos da qualidade assegurada são citados as características de qualidade de cada atividade e o valor alvo. No campo *Resultados do operador* estão listados o item de ajuste que deve ser conferido e seu valor, a pessoa responsável, a frequência de inspeção, o instrumento de medida utilizado e o registro emitido. Em ação corretiva está o responsável e o que deve ser feito no caso dos valores dos itens de controle não estarem sendo alcançados.

A montagem da TGP foi feita contando com a participação dos operadores envolvidos nas atividades, os quais puderam contribuir na definição dos itens de ajuste.

A Figura 12 apresenta um modelo de TGP, onde constam os campos principais que devem estar incluídos.

Processo		Qualidade assegurada		Resultados operador						Ação corretiva	
Fluxo	Tarefa	Característica de qualidade	Valor	Item de ajuste	Valor	Responsável	Frequência	Instrumento medida	Registro	Quem atua	Como

Figura 12: Modelo de TGP

Após a determinação dos aspectos constantes na TGP, foi necessário colocar os itens de ajuste ou parâmetros do processo à vista dos operadores. Esta exposição garantiu que os parâmetros envolvidos fossem facilmente ajustados pelos operadores, no local e hora necessários, sem interrupção da atividade e minimizando a ocorrência de falhas humanas.

Os itens de ajuste foram apresentados em quadros, murais, figuras, etc. A utilização de fotografias do equipamento relacionado à atividade recebeu boa aceitação junto aos operadores das máquinas.

3.2.5 Padronização das atividades críticas e treinamento dos operadores

Os procedimentos operacionais (PO's) são padrões de operação escritos⁸ onde constavam as principais informações a respeito das atividades. Eles devem estar sempre atualizados e de fácil alcance dos trabalhadores.

Seu objetivo é garantir que operadores tenham acesso às principais informações relativas a cada atividade. Eles foram elaborados de forma simples e clara e apresentaram fácil entendimento pelos operadores, que participaram na elaboração.

Um procedimento usualmente especifica o objeto e o campo de atuação de uma atividade, o que deve ser feito, por quem, quando, onde, como deve ser feito, que materiais, equipamento e documentação devem ser utilizados, como deve ser controlado e utilizado. No caso da Gerdau – Aços Finos Piratini, nos padrões de operação constavam, além das informações acima, os resultados do operador, as atividades críticas e o que fazer em caso de anomalia.

O treinamento dos operadores foi estabelecido utilizando técnicas de *Ensino Correto do Trabalho e Qualidade em Um Ponto*⁹. Garantiu-se que os facilitadores estavam treinados nestas técnicas para que eles pudessem transmitir a informação aos operadores.

3.2.6 Implantação da auditoria de padrões e tratamento de anomalias

A auditoria de padrões é uma atividade que visa garantir que as instruções contidas nos padrões de operação (PO) estejam sendo seguidas. É uma ferramenta que permite avaliar a organização e, deste modo, fornecer elementos para que a gerência se mantenha informada sobre a situação do sistema, ou seja, para retroalimentar o sistema com informações.

Para que as auditorias pudessem ser realizadas, garantiu-se que os facilitadores estavam treinados em Auditorias de Padrões e Tratamento de Anomalias.

⁸ Padrões de operação que não estão escritos, mas que são utilizados pelos trabalhadores devem ser chamados de métodos (Drebtchinsky, 1996).

⁹ *Ensino Correto do Trabalho* é uma preparação que auxilia os treinadores para que eles próprios treinem as pessoas que trabalham em atividades afins. *Qualidade em Um Ponto* é uma ferramenta usada para treinar um ponto de cada vez no local de operação. Tanto os termos escolhidos quanto as técnicas contidas em cada uma foram desenvolvidas pela Gerdau.

O objetivo do treinamento foi estabelecer as condições mínimas para a qualificação dos auditores. Essa qualificação baseou-se na escolaridade do candidato, sua experiência profissional e no treinamento específico em auditorias de padrões.

Após o treinamento elaborou-se um cronograma de auditorias, relacionando padrões de operação e operadores. Para isso utilizou-se o modelo de *check-list* padrão adotado na empresa, embora fosse possível criar um padrão próprio para cada setor.

Foi estabelecido um sistema para gerenciar as pendências no tratamento das anomalias, que neste caso foi um cronograma relacionado às inspeções.

O Quadro 9 apresenta esquematicamente um modelo de cronograma de auditoria de padrões utilizado. Nele constam os responsáveis pelas auditorias e a data estipulada.

Quadro 9: Cronograma de auditoria de padrões

PLANEJAMENTO DA AUDITORIA DE PADRÕES													
Área: <input type="text"/>		Célula: <input type="text"/>		Turma: <input type="text"/>		Auditor: <input type="text"/>							
OPERADOR	PADRÃO	Meses											
		Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
87244 – Adriano	640-O-027 – Desponte de processo					X	X						
72000 – Moisés	640-O-007 – Corte na F100							X					
87935 – Jorge	640-O-019 – Lam. Ressulfurado							X					
87199 – Volnei	640-O-003 – Anti-mistura							X					
87193 – Salvador	640-O-028 – Laminação 828XX								X				
86460 – Rogério	640-O-201 – Plano amostra AJ/PROJ								X				
66907 – J. Carlos	640-O-101 – Parâm Proc. CX Resf.								X				
Planejado: <input checked="" type="checkbox"/>		Auditoria realizada: <input checked="" type="checkbox"/>											

Até este ponto da implantação haviam sido vistos os aspectos referentes à padronização dos processos, sem tratar diretamente do Controle Estatístico do Processo. Estas etapas serviram como estrutura para a implantação do Controle Estatístico do Processo, mas

poderiam ter sido utilizadas na implantação de quaisquer modificações realizadas no processo produtivo, contando com a participação dos operários.

As etapas que serão apresentadas nos itens 3.2.7 em diante abordam os aspectos mais específicos à estabilização dos processos.

3.2.7 Planejamento da implantação do CEP

“Embora a qualidade não possa ser inserida, pela inspeção, nos produtos, isso não significa que a inspeção não tenha nenhum papel a desempenhar na produção. ... um bom princípio a se observar quando são elaborados os projetos de sistemas de inspeção é o de que o cliente é o inspetor final, ... portanto, a melhor forma de inspeção é aquela que reflete a ânsia de agradar (o cliente). ... O controle eficaz é dinâmico, totalmente alerta; ele procura e prevê os problemas.”(Drummond, 1998, p. 64)

Nesta etapa foram definidas as variáveis que deveriam ser monitoradas pelo CEP, bem como os tamanhos de amostra e a frequência com que estes dados deveriam ser coletados.

A determinação das variáveis esteve embasada em todos os aspectos vistos anteriormente, principalmente nas etapas montagem do fluxo do processo crítico e análise do processo, etapas onde foram definidas as atividades mais importantes no processo. Foi decidido que a variável bitola das barras seria a variável monitorada.

A sistemática de coleta dos dados, análise e tomada de decisão foi determinada em conjunto com os responsáveis pelos processos.

Ribeiro e Caten (2000) citam que a frequência de amostragem ideal está relacionada com a possibilidade de obter um resultado novo, diferente (independente) do anterior. Desta forma foi decidido que a frequência ideal para a coleta dos dados seria de uma barra a cada dez tarugos produzidos, devendo-se fazer quatro medidas na mesma seção da barra, de acordo com o Quadro 10. As quatro medidas feitas em cada barra permitiram avaliar, além da bitola média, a ovalização das barras, que é uma característica importante neste produto.

Quadro 10: Cronograma de auditoria de padrões

<i>Variável</i>	<i>Tamanho da amostra</i>	<i>Frequência de amostragem</i>	<i>Quem coleta</i>	<i>Quem digita</i>
Bitola (mm)	4 medidas na mesma seção da barra	A cada 10 tarugos, ou a cada troca de qualidade (tipo de aço)	Operador	Operador
Ovalização	4 medidas na mesma seção da barra	A cada 10 tarugos, ou a cada troca de qualidade (tipo de aço)	Operador	Operador

Os facilitadores prepararam os bancos de dados do *software* que faria o armazenamento dos dados e a construção das cartas. Por haver pequena quantidade de barras produzidas para cada combinação de bitola e tipo de aço ficou definido que cada carta de controle reuniria várias qualidades de aço.

Neste momento foram determinados os critérios para identificação das causas especiais. Embora a literatura determine como causas especiais os pontos além dos limites de controle e as corridas (acima da média, abaixo da média, ascendentes ou descendentes, seção 2.2.1), neste caso, particularmente, foram definidos como causas especiais apenas os pontos fora dos limites de controle, pois as tendências são usualmente decorrentes da mistura de diversas qualidades de aço na mesma carta de controle.

As adequações do *software* que se fizeram necessárias foram solicitadas antes da implantação, embora alguns aspectos só foram percebidos após a implantação, no dia a dia de trabalho dos operadores com o CEP.

Tarefas como a determinação da frequência, método da coleta dos dados, criação dos bancos, e adequação do programa foram responsabilidade dos facilitadores e da gerência. Quando os operadores iniciaram a coleta dos dados, o sistema já estava preparado.

3.2.8 Avaliação do sistema de medição

A premissa para que sejam tomadas decisões baseadas em dados é que estes dados sejam confiáveis, ou seja, que expressem a real condição do processo produtivo (seção 2.2.3). Desta maneira foi necessário assegurar que as variações nos dados representassem as variações nos processos de manufatura e não possíveis variações nos instrumentos de medição.

De acordo com o requisito 4.11.4 da QS-9000 estabelece-se que “é necessária a evidência que comprove a realização de estudos estatísticos para análise da variação presente nos resultados de cada tipo de meio de medição e equipamentos de ensaio” (QS-9000, 1997, 28). A análise do sistema de medição foi feita durante o período de implantação e continua sendo repetida periodicamente na empresa.

A Figura 13 apresenta o estudo de repetibilidade e reprodutibilidade realizado na laminação durante a implantação. Os resultados foram obtidos a partir da aplicação do formulário proposto por Montgomery (1990) e apresentado no Anexo.

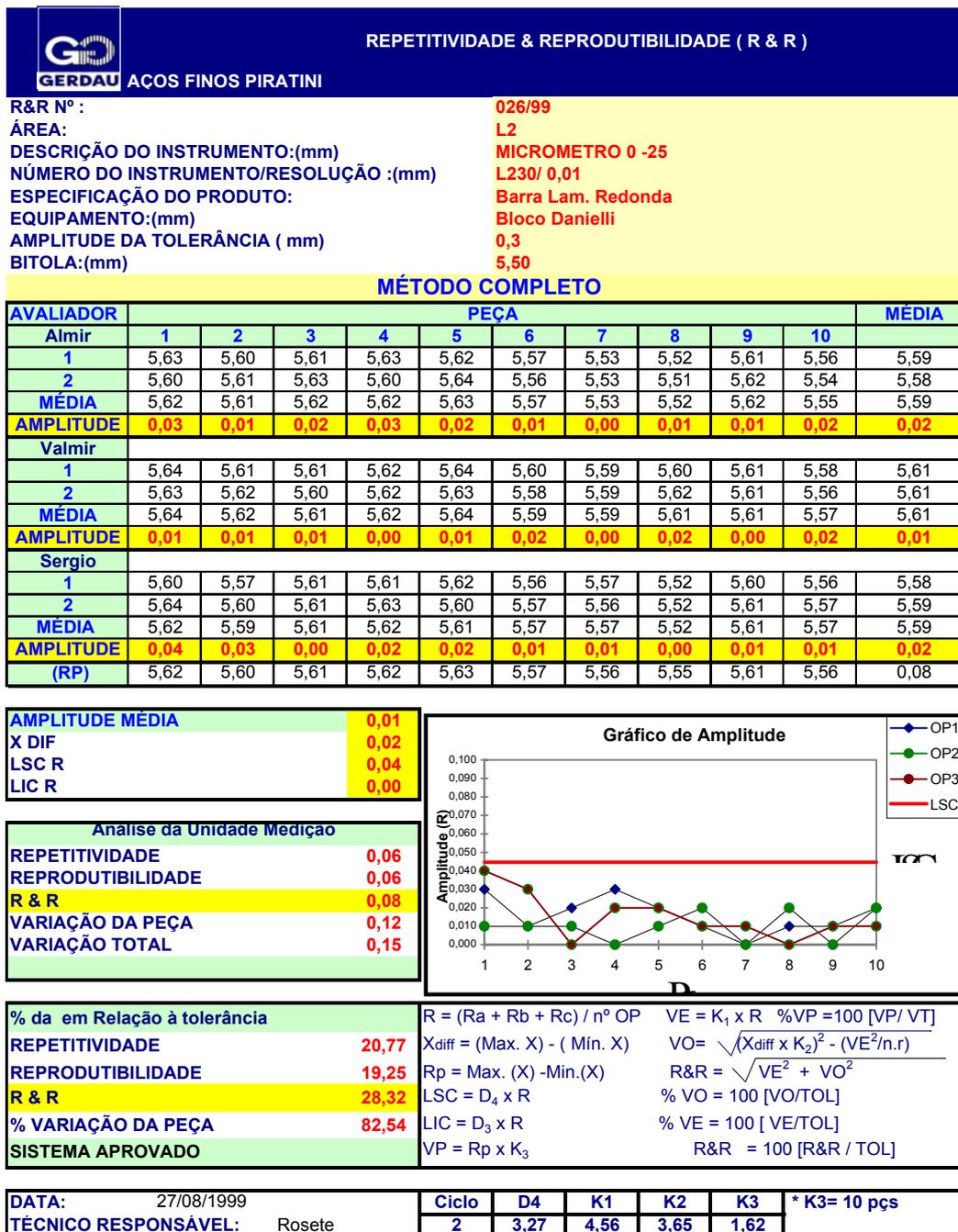


Figura 13: Estudo de R&R

A análise dos dados do estudo de R&R permitiu concluir que o sistema de medição estava adequado e poderia ser utilizado para a medição das bitolas das barras que seriam analisadas nas cartas de controle do CEP.

3.2.9 Treinamento dos operadores para o CEP

“Um dos maiores obstáculos para a melhoria da qualidade é a não-qualificação. ...A não qualificação aliena tanto o funcionário como o cliente.” Drummond (1998)

O treinamento das pessoas envolvidas com o CEP na empresa deu-se em duas etapas. Em um primeiro momento foram treinados os facilitadores, que, por sua vez, repassaram os aspectos teóricos para os demais envolvidos.

Foi importante que os conceitos do CEP estivessem associados com os itens de controle definidos no início do projeto, para que os facilitadores e operadores fossem capazes de perceber a importância da correta aplicação do CEP junto aos resultados dos processos.

O treinamento dos facilitadores foi feita pela equipe da Universidade e envolveu aspectos teóricos e práticos. A teoria sobre o CEP foi repassada através de 15 horas de treinamento. O material utilizado no curso foi elaborado a partir de exemplos reais da empresa.

Os principais aspectos abordados no treinamento teórico foram:

- Definições do CEP
- Objetivos do CEP
- Definições e entendimento de processo
- Definições e entendimento de variabilidade e causas comuns e especiais
- Tomada de ações
- Cartas de controle
- Avaliação da estabilidade e capacidade
- Responsabilidades
- Vantagens da implantação
- Questões mais frequentes

A parte prática foi desenvolvida sobre dados reais com a utilização do *software* adquirido pela empresa para o registro e análise dos dados.

Procurou-se salientar que todas as pessoas eram responsáveis pelos resultados dos processos e pela correta implantação e manutenção do CEP, assim como esclarecer que os objetivos do CEP não estavam associados à vigilância e punição das pessoas envolvidas, mas em fornecer dados para orientar as ações de melhoria do processo.

Uma das dificuldades observadas no decorrer do trabalho foi conseguir transferir e/ou compartilhar o conhecimento técnico/teórico com todas as pessoas da equipe de trabalho, pois o perfil dos operadores de máquina variava bastante nos aspectos referentes à idade, tempo de empresa, escolaridade e resistência a mudanças. A mesma técnica de ensino e repasse de informações não gerava os mesmos resultados em todo o grupo.

A equipe que ministrou o treinamento procurou ressaltar que há necessidade de mudança de cultura, tanto durante a implantação quanto no período posterior à implantação do CEP.

3.2.10 Implantação do CEP

Esta etapa consistiu em colocar o sistema projetado nas etapas anteriores em funcionamento, isto é, a implantação foi o momento em que o conjunto de pessoas e equipamentos estava pronto para iniciar a coleta sistemática dos dados.

Foi necessário calcular os limites de controle do processo e fazer a avaliação da variabilidade do processo, estas tarefas foram destinadas para os facilitadores e supervisores. Os operadores encarregados do processo faziam a medição dos dados e o registro no sistema.

O período posterior à implantação foi crítico, pois ocorreram mudanças operacionais e culturais na maneira de execução do trabalho por parte dos operadores.

A mudança operacional se deu, principalmente, devido à transição de uma operação sem registros de dados (situação anterior) para uma situação onde passaram a existir históricos preservados, inclusive identificando pessoas, horários e materiais utilizados. O acompanhamento permanente realizado pelos facilitadores garantiu suporte aos operadores nas ações referentes ao CEP e ao uso de *software*.

Outra mudança que ocorreu, porém não tão instantaneamente quanto a primeira, foi a mudança cultural. Neste caso os operadores foram preparados para trabalhar sob a cultura da melhoria contínua e não sob o foco da inspeção.

3.2.11 Análise de estabilidade

A análise de estabilidade do processo foi realizada de acordo com os conceitos apresentados no capítulo 2, em Ferramentas da Qualidade. As cartas utilizadas foram as cartas de média e de desvio-padrão, apresentadas no capítulo 2.

Após um período em que o sistema de coleta dos dados estava funcionando corretamente e que havia sido coletada uma quantidade mínima de dados para estudá-lo, foi feita a análise de estabilidade do processo. Os limites das cartas de controle foram revistos (recalculados) e foram feitas ações sobre o processo.

A análise de estabilidade do processo foi uma tarefa basicamente para operadores e facilitadores. As ações sobre as causas especiais e o tratamento das mesmas (através do tratamento de anomalias) passaram a ser tomadas sistematicamente pelos operadores.

Cada ponto fora dos limites passou a gerar um pequeno relatório, feito pelo operador que havia registrado o valor no sistema, descrevendo o motivo de cada causa especial e a solução tomada para resolver o problema. Este relatório (chamado de “Diário de Bordo” no *software*) mostrou-se ser de fácil utilização pelos funcionários. Os relatos feitos serviram para controlar o sistema e criar um histórico de problemas e soluções. O Quadro 11 apresenta algumas situações relatadas no Diário de Bordo.

Quadro 11: Diário de Bordo

<i>Amostra</i>	<i>Data e hora</i>	<i>Anotações</i>
28	22/09/99 22:51	Abertura do bloco Kocks
36	23/09/99 04:35	Troca de qualidade 040 / 095
43	27/10/99 04:19	Fechado gaiola 25
45	14/11/99 05:44	Fechado um décimo gaiola 17
47	22/12/99 06:26	IH6 está com desgaste. Marca o material
49	28/12/99 07:38	Troca da guia gaiola 25
79	08/01/00 11:34	Troca de qualidade 724 / 020
80	05/03/00 13:08	A bitola iniciou ok porem tivemos que trocar o IH6 – Estava com muito desgaste [verificar novo padrão]
84	12/04/00 15:25	Pressão do IH6 baixa ½ kg alta 2kg
85	28/04/00 15:59	Alterou redondo gaiola 25 – foi fechado um sextavado
111	10/05/00 09:04	Troca de qualidade 725/703
115	15/05/00 10:15	Troca guia gaiola 25 [desgaste]
117	04/06/00 11:20	Troca da guia gaiola 25 e prensado disco inferior gaiola 25
124	07/06/00 06:02	Início de bitola

Segundo depoimentos dos operadores que trabalham diretamente com o CEP, a inserção de registro dos dados foi a principal vantagem da introdução do CEP na empresa.

Eles acreditam que possuir um histórico de fácil acesso é uma ferramenta que os auxilia freqüentemente¹⁰, como expõe um operador: “Antes nós só tínhamos isso na cabeça, agora fica tudo registrado”.

O estudo de estabilidade realizado logo após a implantação (entre os dias 15/09/1999 e 15/10/1999) está apresentado na seqüência. Este período está apresentado como sendo Período A (No item 3.2.13 deste capítulo são apresentados os estudos feitos posteriormente e a evolução dos processos.)

A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam os limites de controle para a carta de médias e amplitudes da Laminação logo após a implementação do CEP (Período A) para dois itens de controle diferentes: uma bitola “fina”, representada pela Bitola 14,29 mm e uma bitola maior, através do item de controle Bitola 60,33 mm.

Tabela 3: Limites de controle para Bitola 14,29 no período A

<i>Período A</i>	<i>Limites de controle</i>	
	<i>Médias</i>	<i>Amplitudes</i>
Limite de Controle Inferior	14,1932	0,0000
Limite Central	14,3249	0,1874
Limite de Controle Superior	14,4566	0,4277

Tabela 4: Limites de controle para a Bitola 60,33 no período A

<i>Período A</i>	<i>Limites de controle</i>	
	<i>Médias</i>	<i>Amplitudes</i>
Limite de Controle Inferior	60,1374	0,0000
Limite Central	60,3024	0,1713
Limite de Controle Superior	60,4674	0,3909

A Figura 14 apresenta as cartas de controle para a Bitola 14,29 mm. Nessa figura pode-se observar que existem algumas corridas, que podem ser devidos à mistura de qualidades de aço em cada carta de controle.

¹⁰ Os operadores de máquinas não foram instruídos a fazerem estudos de capacidade para acompanhar as melhorias do processo. Eles são informados das melhorias pelos facilitadores e pela gerência.

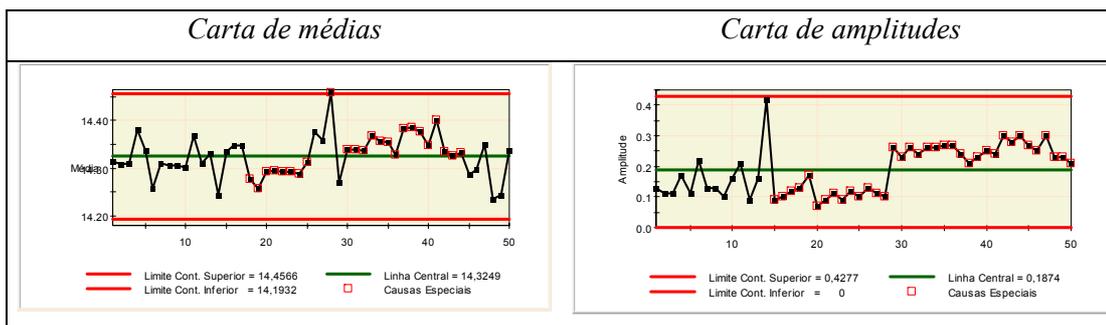


Figura 14: Cartas de controle para a Bitola 14,29 mm no período A

A Figura 15 apresenta os resultados para as barras com bitola 60,33 mm. Novamente são observadas algumas corridas.

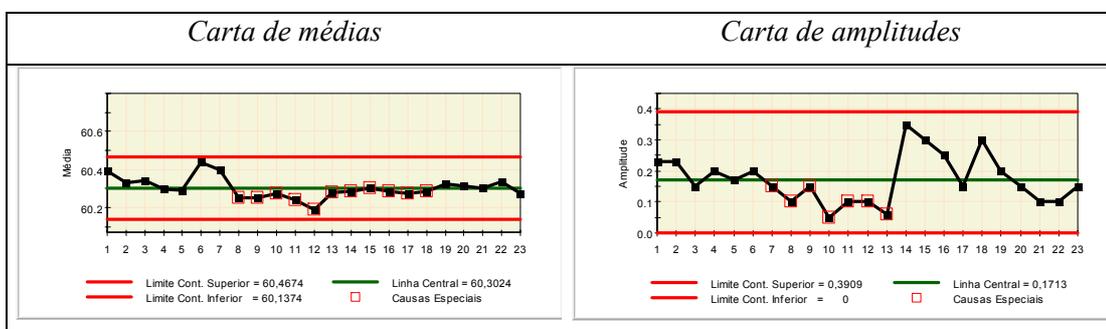


Figura 15: Cartas de controle para a Bitola 60,33 mm no período A

A análise das cartas para ambas bitolas permitiu concluir os processos eram estáveis logo após a implantação do CEP. As corridas observadas não são consideradas causas especiais nesse processo em particular, pois são provenientes da mistura de várias qualidades de aço em uma mesma carta.

3.2.12 Análise de capacidade

A análise de capacidade foi realizada após eliminar todas as causas especiais do processo, restando apenas a variação usual, ou seja, após ter garantido que o processo apresentava-se estável.

Diferentemente da análise de estabilidade, que foi feita pelos operadores, a análise de capacidade foi realizada pelos facilitadores e gerentes de área.

Os processos que apresentaram baixos valores de C_{pk} (abaixo de 1,0) exigiram a tomada de decisões no sentido de diminuir a variação comum do processo. Também foram reavaliados alguns procedimentos, como indicado em 3.2.12.

A Figura 16 apresenta os resultados obtidos no estudo de capacidade após o período da implantação (Período A) para o item de controle Bitola 14,29 mm. A Figura 17 apresenta o estudo de capacidade no mesmo período para o item de controle Bitola 60,33 mm.

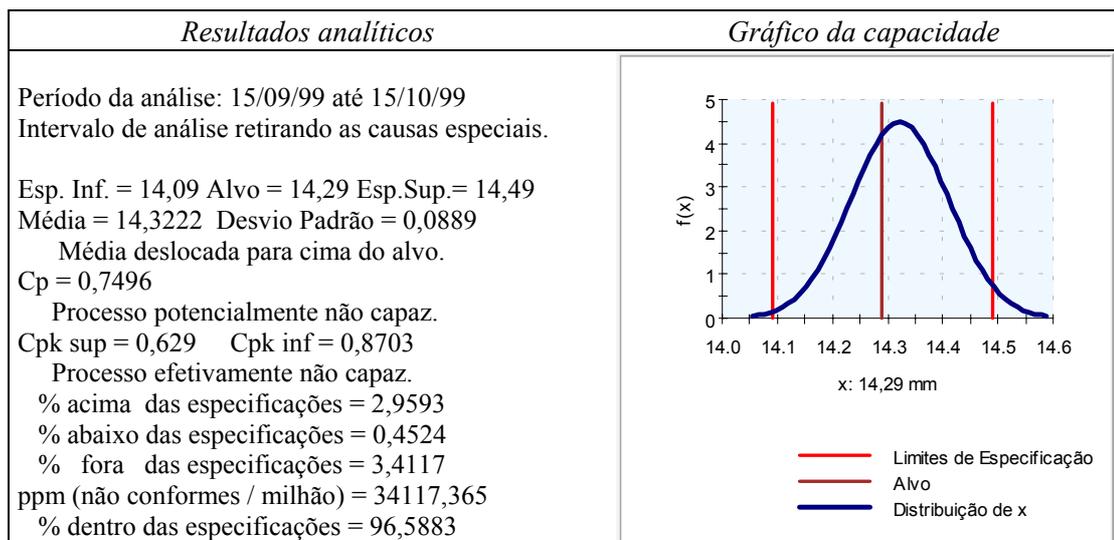


Figura 16: Análise da capacidade para Bitola 14,29 mm no período A.

A análise da capacidade do processo para a Bitola 14,29 permitiu concluir que o processo não era capaz, embora fosse estável, apresentando $C_{pk} = 0,629$. Os dados levaram à conclusão de que seriam necessárias ações gerenciais que reduzissem a variabilidade comum, pois não havia problemas de causas especiais, que fizessem com que a média do processo fosse deslocada em direção ao valor alvo.

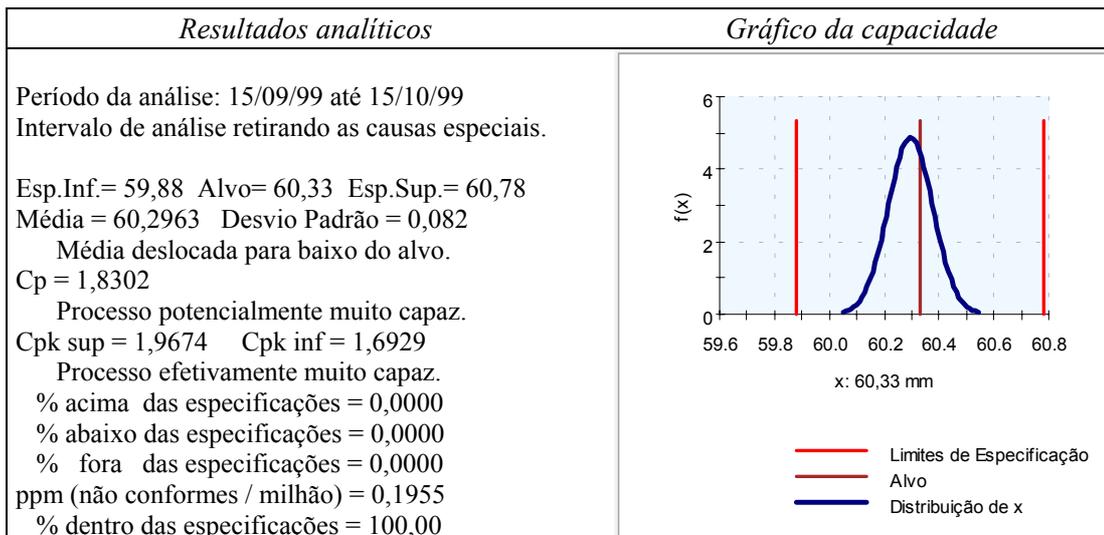


Figura 17: Análise da capacidade para Bitola 60,33 mm no período A

Em relação à bitola 60,33 mm o processo se mostrou capaz, com $C_{pk} = 1,69$, embora a média das barras estivesse um pouco deslocada para baixo do valor alvo.

3.2.13 Reavaliação da implantação

Depois da implantação e da análise inicial dos processos foi feita a reavaliação para verificar se as determinações feitas para a estabilização de processos estavam coerentes com os resultados alcançados.

Foi feita a revisão da tabela de garantia de processos e dos padrões operacionais, garantido o monitoramento do controle estatístico do processo.

Algumas conclusões sobre o processo foram tomadas pelos facilitadores e gerentes, tais como:

- Com a implementação do CEP, observou-se um maior comprometimento dos operadores com a qualidade do processo.
- O nível de qualidade das peças produzidas melhorou, como pôde ser visto nos estudos de capacidade.
- A variável escolhida, bitola, deve continuar sendo monitorada, pois é característica crítica para o produto.
- A frequência de amostragem deve ser mantida nos próximos dois meses, podendo ser revista para alguns casos críticos, em função das análises que forem feitas no banco de dados.

- A análise de dados foi facilitada pelo uso do *software*, devido à maior velocidade de recuperação e análise dos dados.

A seguir estão apresentados os resultados das análises de estabilidade e capacidade que foram feitas em um período posterior à implantação. Os dados analisados são provenientes dos mesmos processos, porém oito meses após a implantação (Período B). Para poder visualizar as mudanças nos processos serão também apresentados os resultados da época da implantação (Período A), que já foram apresentados nas seções 3.2.11 e 3.2.12.

A Tabela 5 apresenta os limites de controle nestes períodos, a Figura 18, o estudo de estabilidade e a Figura 19, a análise de capacidade para a bitola 14,29 mm.

Tabela 5: Limites de controle para Bitola 14,29

Período	Período de estudo		Limites de controle para médias			Limites de controle para amplitudes		
	Início	Término	LCI	LC	LCS	LCI	LC	LCS
A	15/09/99	15/10/99	14,1932	14,3249	14,4566	0,0000	0,1874	0,4277
B	15/05/00	15/06/00	14,2632	14,3417	14,4202	0,0000	0,1092	0,2492

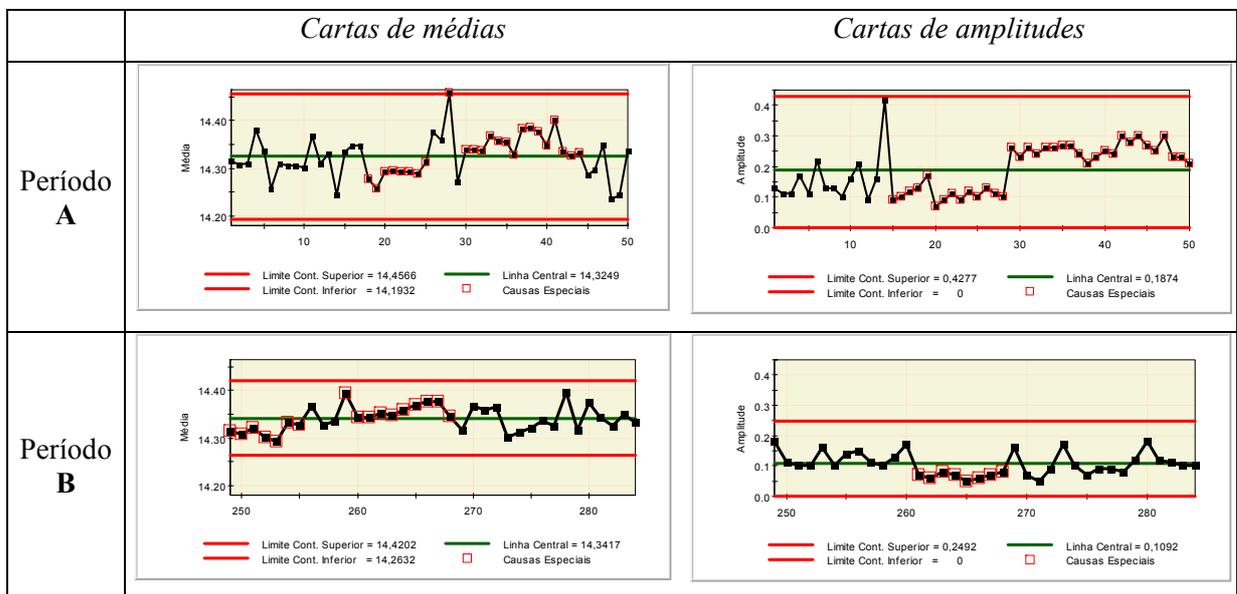


Figura 18: Cartas de controle para a Bitola 14,29 mm

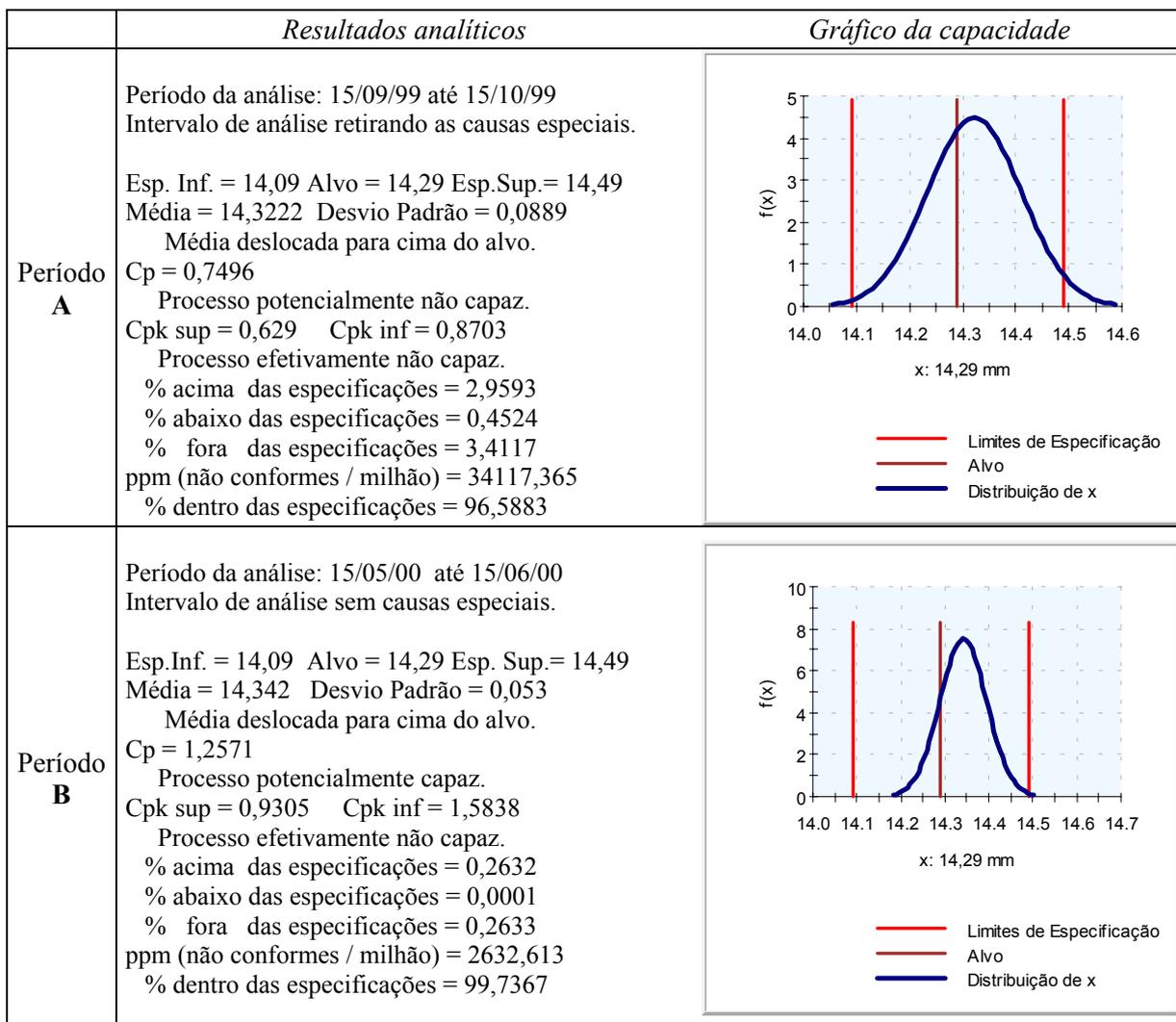


Figura 19: Análise da capacidade para Bitola 14,29 mm

Conforme mencionado, as corridas observadas nas cartas de controle para a bitola média e para a amplitude podem ser devidas à mistura de diferentes qualidades de aço em cada carta de controle. Verificou-se que a amplitude dos limites de controle foi reduzida, o que sugere que foi reduzida a variabilidade do processo. Tais conclusões são confirmadas na Figura 19, que indica que inicialmente o processo produtivo da Bitola 14,29 mm produzia 96,59% dentro das especificações e após oito meses passou a produzir 99,79%, representando um avanço significativo na redução da quantidade de retrabalho e sucateamento. Como a bitola média produzida ainda se encontra acima do valor alvo, as decisões gerenciais que devem ser tomadas em relação a este processo deveriam ser no sentido de deslocar a bitola média em direção ao alvo.

Embora ainda sejam necessárias ações no sentido de centralizar a bitola média, a melhoria de 96,59% para 99,79% dentro das especificações pode ser considerada satisfatória. Supondo que a produção média deste tipo de aço fosse de 400 toneladas mensais, haveria uma redução de 12,8 toneladas por mês de aço fora das especificações.

A Tabela 6, Figura 20 e Figura 21 apresentam os resultados para as barras com Bitola 60,33 mm nos dois períodos: logo após a implantação e oito meses depois da implantação.

Tabela 6: Limites de controle para a Bitola 60,33

Período	Período de estudo		Limites de controle para médias			Limites de controle para amplitudes		
	Início	Término	LCI	LC	LCS	LCI	LC	LCS
A	15/09/99	15/10/99	60,1374	60,3024	60,4674	0,0000	0,1713	0,3909
B	15/05/00	15/06/00	60,3116	60,4433	60,5750	0,0000	0,1721	0,3927

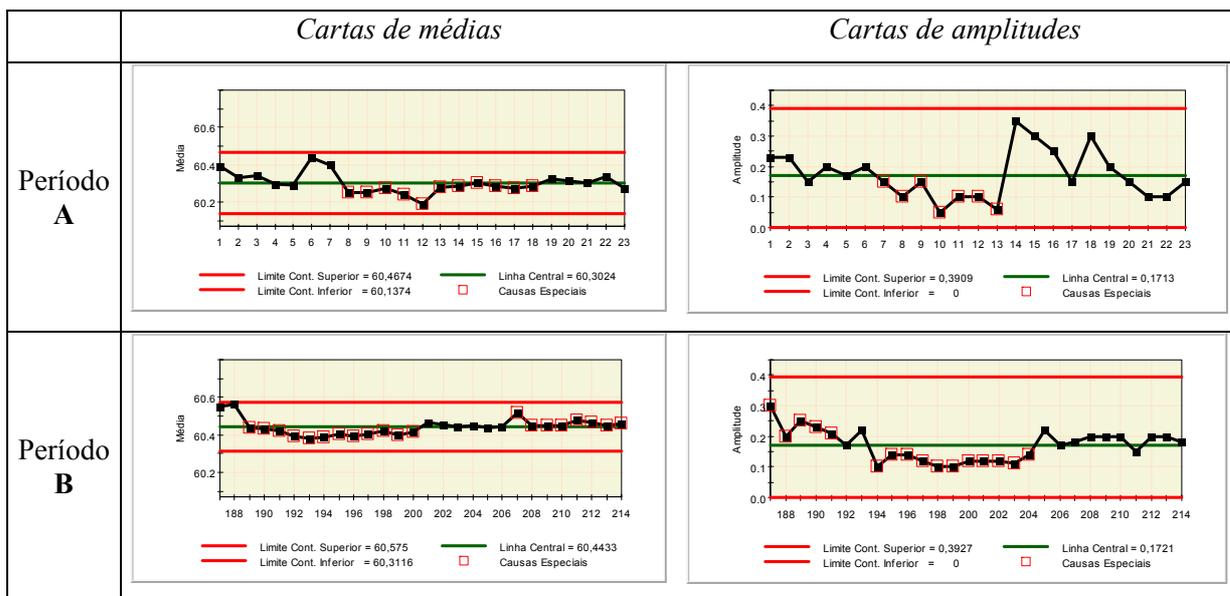


Figura 20: Cartas de controle para a Bitola 60,33 mm

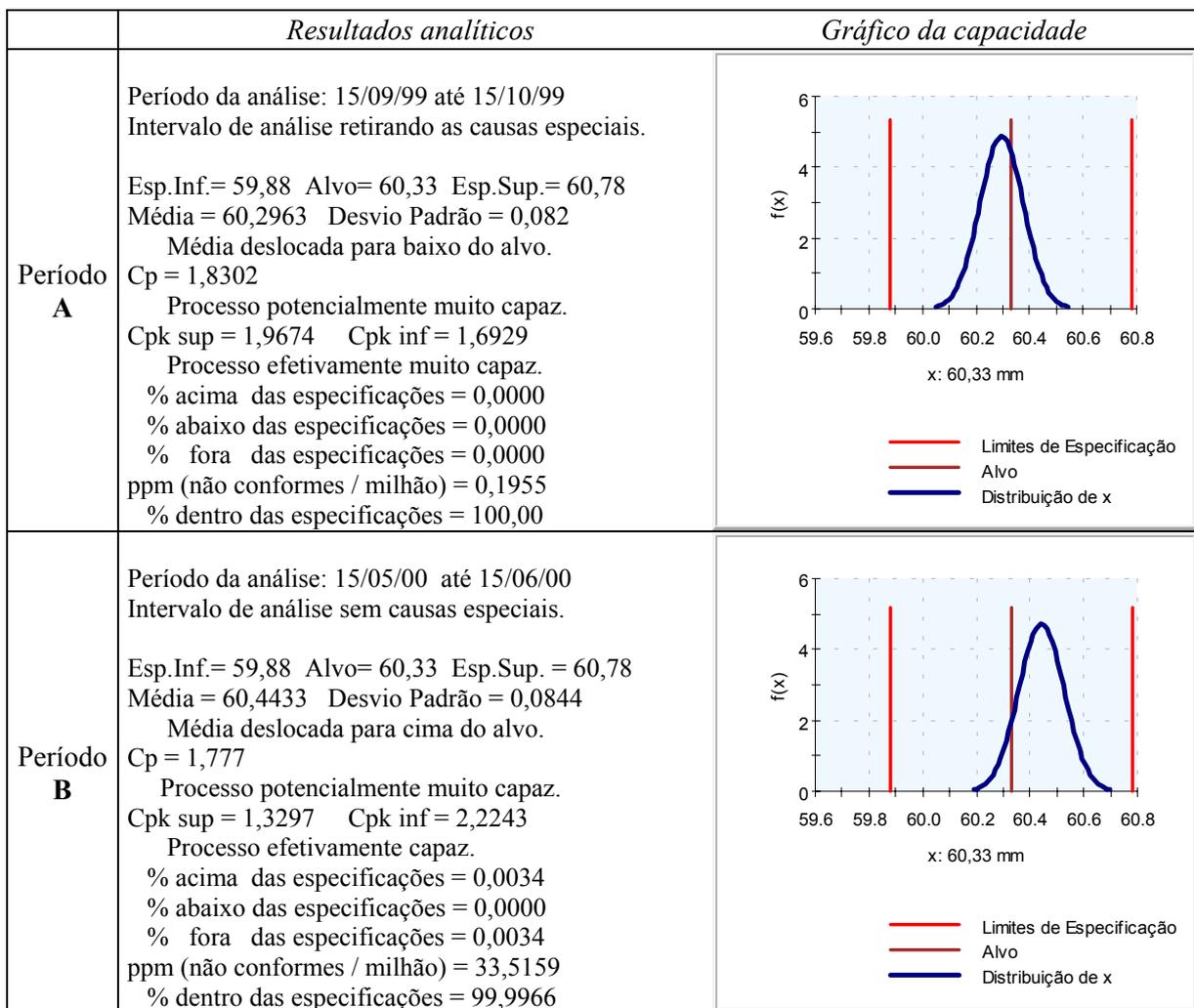


Figura 21: Análise da capacidade para Bitola 60,33 mm

A análise das cartas de controle indica que o processo reduziu sua variabilidade, pois os limites foram reduzidos no período final. Através do estudo de capacidade percebe-se que, embora este processo continue se mantendo estável e capaz, o valor de C_{pk} foi reduzido. A média, antes abaixo do valor alvo, foi deslocada para cima dele, aumentando a chance de serem produzidas barras com bitola média superior à especificação.

Os resultados completos, apresentando a evolução dos processos em oito meses, foram apresentados para as bitolas 14,29 mm e 60,33 mm. O estudo de todas as barras inspecionadas durante os períodos de estudo (15/09/99 a 15/10/99 e 15/05/00 a 15/06/00) indicou que houve um aumento de 9,91% no valor do C_{pk} médio, o que implica na redução estimada de 5056,05 barras para 1265,56 barras não conformes por milhão de barras produzidas, como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados gerais

Período	Período de estudo		Resumo dos resultados obtidos		
	Início	Término	Nº. barras analisadas	C_{pk} médio	Não conformes/milhão
A	15/09/99	15/10/99	797	1,417	5056,05
B	15/05/00	15/06/00	1120	1,573	1265,56

Embora os resultados alcançados indiquem uma melhora substancial nos resultados médios, dependendo de cada item de controle estes resultados foram ou não verificados. Das 30 diferentes bitolas analisadas verificou-se que os melhores resultados (principais melhorias) foram obtidos nas bitolas onde o C_{pk} era menor, ou seja, onde existia maior urgência de melhorias. Nas bitolas onde o C_{pk} já era elevado, não foram observadas melhorias significativas. Isso aconteceu porque as ações foram dirigidas para onde existiam maiores problemas, o que inclusive faz parte da cultura da empresa.

Embora as informações sobre os resultados financeiros obtidos na implantação não possam ser divulgados, pode-se estimar a redução de produtos não conformes produzidos pela empresa com base no índice C_{pk} . Se a produção média da área (incluindo todas as qualidades de aço) fosse de 12000 toneladas por mês, haveria a redução de 61 toneladas de produtos fora das especificações (período A) para 15 toneladas (período B). A redução observada foi de aproximadamente 75% da quantidade de produtos não conformes produzidos e, certamente, significa um grande impacto financeiro, pois, associado à quantidade de produtos não conformes estão os custos relativos a retrabalho, desvio do material (uso para outros fins) e sucateamento de produtos.

Supondo que o preço médio de venda do aço fosse US\$ 200 por tonelada, seria uma estimativa razoável acreditar que o custo associado ao retrabalho, desvio e sucateamento fosse estimado em US\$ 100 por tonelada de aço. Assim, os ganhos mensais atingiriam US\$ 4600. Evidentemente estas estimativas estão aproximadas, mas podem dar uma idéia dos ganhos associados com a implantação desta metodologia.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia aplicada na Siderúrgica Aços Finos Piratini, descrita no capítulo 3 deste trabalho, abordou diversos aspectos considerados importantes em uma metodologia de estabilização de processos, sempre adequando-se às situações particulares da empresa.

Embora aquela metodologia tenha se mostrado de grande valia na implantação da estabilização de processos, a experiência indicou que algumas modificações devem ser feitas. Tais adaptações servem para: (i) aprimorar a metodologia utilizada no estudo de caso e (ii) torná-la mais genérica para o uso em diferentes perfis de empresa.

O Quadro 12 resume as etapas definidas nas duas metodologias: a implementada e a proposta.

A nova proposta pode ser dividida em quatro grandes etapas, em analogia com o ciclo PDCA proposto por Deming (1990): planejamento, execução, avaliação e correções e melhorias.

Fase 1: Planejamento da implantação da metodologia de estabilização de processos

Nesta fase estão compreendidas as etapas de definição dos projetos, definição dos responsáveis, definição dos indicadores e metas (convertidos para unidades monetárias), análise do processo e dimensionamento dos recursos.

Fase 2: Execução

A fase de ação propriamente dita concentra as etapas de treinamento dos operadores para o CEP, criação da tabela dos pontos críticos de controle, análise da variabilidade, desenvolvimento dos padrões operacionais (PO's), treinamento de PO's e implantação de PO's e CEP.

Fase 3: Monitoramento

O monitoramento consiste no acompanhamento dos itens de ajuste, auditorias, estudos de estabilidade e capacidade. O objetivo desta fase é verificar continuamente a efetividade da implantação.

Fase 4: Correções e melhorias

A quarta fase serve como um *feedback* das ações tomadas: Gestão de correção e melhorias, que consiste em uma sistemática de melhoramento contínuo do sistema.

Quadro 12: Etapas previstas nas metodologias implantada e proposta.

<i>Metodologia implantada</i>	<i>Metodologia proposta</i>
	1. Planejamento da implantação da metodologia
Definição do processo crítico, itens de controle e metas	Definição dos projetos e dos coordenadores
Montagem do fluxo do processo crítico	Definição de indicadores e metas
Análise do processo	Priorização das atividades do processo
Montagem da tabela de garantia do processo (TGP)	Formação da equipe e dimensionamento dos recursos
	2. Execução
Padronização das tarefas críticas e treinamento dos operadores	Treinamento do CEP
Implantação da auditoria de padrões e tratamento de anomalias	Análise de variabilidade e formação dos subgrupos
Planejamento da implantação do CEP	Tabela de pontos críticos de controle
Avaliação do sistema de medição	Desenvolvimento de padrões operacionais (PO's)
Treinamento dos operadores para o CEP	Treinamento de PO's
Implantação do CEP	Implantação dos PO's e CEP
	3. Monitoramento
Análise de estabilidade	Monitoramento, auditorias e melhorias do processo
Análise de capacidade	
	4. Correções e melhorias
Reavaliação da implantação	Avaliação e melhorias do sistema de garantia do processo

Na seqüência são feitas algumas considerações críticas sobre a metodologia apresentada no capítulo 3 e a apresentação detalhada das etapas propostas como nova metodologia.

4.1 Definição dos projetos e dos responsáveis pelos projetos

Usualmente iniciam-se projetos de estabilização de processos em diversas áreas, não somente em um dos processos produtivos da empresa, o que acarreta o envolvimento de uma grande quantidade de trabalhadores, direta e indiretamente.

A seleção dos projetos depende da importância de cada processo. A criticidade pode ser definida considerando fatores que estejam causando “problemas”, como baixa produtividade, excesso de variabilidade (acarretando defeitos), fatores alheios ao sistema, etc. Muitos destes fatores que podem causar “problemas” podem ser, direta ou indiretamente, solucionados com a implantação da metodologia de estabilização.

Segundo Snee (2000), podem ser definidos quatro estágios de responsabilidades: aprendizes (auxiliam, seguem instruções), colegas (contribuem individualmente), mentores (gerenciam, desenvolvem as pessoas) e controladores (controlam a direção da organização). Nos níveis de mentores e controladores são necessárias pessoas com conhecimento tanto gerencial quanto técnico, que sejam capazes de focar mais no pensamento estatístico e menos nos aspectos técnicos do trabalho. Os mentores seriam responsáveis pelo monitoramento dos aprendizes e colegas, de forma a não dispersar o conhecimento adquirido ao longo do projeto.

Para que haja um controle eficaz sobre os projetos, deverão ser definidos os coordenadores de cada área ou setor. Usualmente o coordenador de qualidade da empresa ou a diretoria industrial deverá fazer esta seleção. A definição dos coordenadores garantirá o acompanhamento sistemático dos projetos por parte do coordenador geral e permitirá que as áreas possuam responsáveis bem definidos.

Os funcionários selecionados para servirem de coordenadores de áreas deverão ser capacitados para conduzir os projetos. Além disso devem estar cientes do que é esperado do projeto, qual é a expectativa de tempo para que os sistemas estejam funcionando, com quem eles poderão buscar suporte (humano e tecnológico), etc.

Eles também deverão receber preparação específica para este tipo de tarefa, ou seja, deverão ser treinados em aspectos teóricos sobre CEP, noções de liderança, condução de trabalhos em grupos, análise de dados, no caso de não possuírem tais habilidades adquiridas anteriormente.

Em resumo, para que haja sucesso na implantação de uma metodologia de estabilização de processos deverá haver uma estrutura de responsabilidades, com suporte técnico que oriente as ações dos envolvidos. Este suporte pode ser dado por pessoas da empresa que dominem o assunto ou através de ajuda externa à empresa.

O acompanhamento do trabalho deverá ser feito periodicamente, em reuniões que envolvam todos os coordenadores. O fato de serem apresentados os resultados perante o grupo incentivará o trabalho de todos.

Ressalta-se que devem ser selecionados os coordenadores de áreas, mas a equipe de trabalho em cada área só poderá ser completamente estabelecida após a definição de onde será implantado o monitoramento dos dados (esta etapa será descrita na seqüência).

É recomendável que seja feita uma palestra inaugural para oficializar o esforço que está sendo feito na empresa, onde devem estar presentes os funcionários que trabalham nos processos que serão estabilizados. Deverá haver a apresentação oficial dos coordenadores dos projetos, a exposição dos objetivos, responsáveis, cronograma, etc. Deverão ser apresentados também os ganhos que a empresa pretende alcançar e de que forma a estabilização irá auxiliar no trabalho diário dos envolvidos. A divulgação do trabalho para os operadores de área auxiliará na disseminação da informação e no comprometimento dos funcionários.

A Figura 22 esquematiza a estrutura de responsabilidades dos projetos de estabilização de processos.

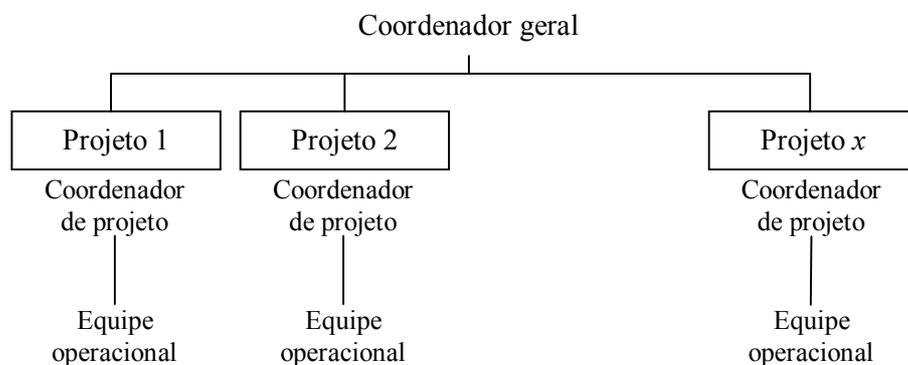


Figura 22: Estrutura de responsabilidades

A partir deste ponto todas as etapas serão referidas no singular, levando em conta um projeto. Isso vale para cada projeto, que possuirá um coordenador, individualmente. Embora sejam tratados na singularidade, as notas valem para o conjunto de projetos que podem estar sendo conduzidos.

4.2 Indicadores e metas

O esforço de estabilização de processos inicia com a seleção de um ou mais processos críticos (projetos). Com base nos processos selecionados deve-se determinar quais são os indicadores que melhor expressam seus resultados e quais são as metas desejadas para eles.

A seleção dos indicadores e metas de cada processo deve estar associada diretamente à meta da empresa, do ponto de vista da satisfação de clientes e acionistas, ou seja, devem ser observados os aspectos que fazem com que a empresa apresente sucesso ou não.

Assim, a escolha de indicadores associados com a meta fará com que haja um perfeito entendimento por todos os envolvidos da importância do projeto e garantirá que os resultados do processo estejam ligados diretamente com os objetivos da empresa.

Uma vez que o esforço de estabilização de processos está sendo conduzido para aumentar o lucro da empresa deve-se, paralelamente, converter estes indicadores em unidades monetárias, o que garantirá o comprometimento do alto escalão da empresa. Snee (2000) afirma que a obtenção de resultados financeiros implica na atenção do administrador chefe, que deve liderar os esforços de implantação.

Está apresentado na literatura que os esforços de implantação de sistemas onde sejam exigidas mudanças culturais devem ser encabeçados pelos executivos de alto escalão. Esta exigência deriva da necessidade de comprometimento dos funcionários, gerentes e pessoal de apoio, que só será obtida à medida que for evidenciado que o projeto é realmente importante. O fato de haver o comprometimento da alta gerência evidenciará aos funcionários a importância do projeto.

Resumidamente, a etapa denominada Indicadores e Metas pode ser esquematizada de acordo com a Figura 23.

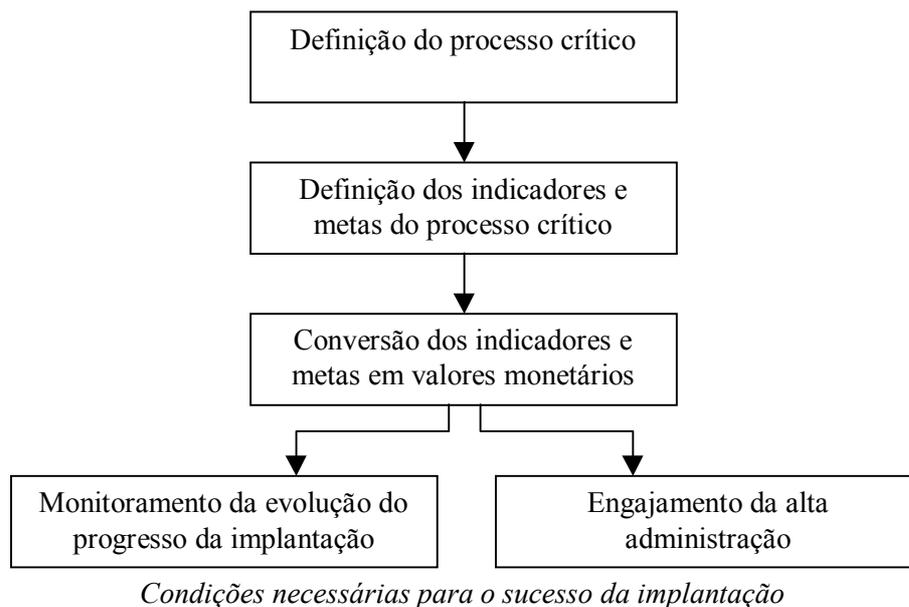


Figura 23: Indicadores e metas

Outro aspecto importante relacionado aos indicadores diz respeito ao controle dos ganhos obtidos na implantação ao longo do tempo, ou seja, após a definição dos indicadores e metas e sua conversão para valores monetários, torna-se importante documentar a situação atual. Esta atividade exige que sejam levantados os aspectos de maior interesse no processo e garantida sua situação atual, para que seja possível compará-la com a situação futura.

Uma das maneiras de garantir a continuidade do projeto e o constante comprometimento das pessoas envolvidas é através do monitoramento dos ganhos obtidos com a iniciativa. A divulgação periódica do gráfico de evolução dos ganhos fará com que todos se sintam parte responsável pelo projeto e permitirá que sejam medidos os avanços ao longo do tempo.

4.3 Priorização das atividades do processo

Uma vez definidos os indicadores e metas do processo selecionado, passa-se à etapa de entendimento do sistema através da priorização das atividades.

Esta etapa deverá contar com a presença dos responsáveis pelas diversas atividades do processo, formando um grupo multidisciplinar que deverá se reunir para a tomada das decisões.

O propósito desta fase é descrever por completo o processo em estudo. Isto é feito desdobrando-se o processo e as características funcionais. Para considerar concluída esta etapa, o grupo deve ter consciência de onde, como e quando ocorrem os defeitos. Estas informações servirão para (i) determinar as atividades que devem ser tratadas com maior cuidado e, por conseqüência, (ii) determinar o local onde irão ser inseridas as inspeções para coleta dos dados do CEP.

A priorização do sistema pode ser alcançada de diversas maneiras, mas sempre deve iniciar com a construção do fluxo do processo selecionado, que deve contar com a participação de todo o grupo, com responsáveis por todas as atividades do processo. Isso permite que não sejam esquecidas atividades, seja uniformizada a nomenclatura, estudada cada uma das atividades e garantido o entendimento do sistema por todos. O fluxo do processo pode ser macro fluxo ou fluxo detalhado, conforme os exemplos apresentados no capítulo 3.

Em seguida há a priorização das atividades, que pode ser feita com base na FMEA, na matriz de processos, ou através de análises estatísticas dos dados “de entrada” e “de saída” de cada atividade.

A seguir serão descritas resumidamente as técnicas que podem ser utilizadas.

4.3.1 Matriz de processo

Deve ser estabelecida uma avaliação de como cada atividade influencia nos processos e a sua importância relativa, ou seja, a sua importância comparada às demais.

A priorização das atividades da matriz de processos pode ser feita como indica a etapa 3.2.3 do capítulo 3, onde foram relacionados os defeitos (e sua gravidade, ocorrência e facilidade de detecção) além da capacidade e conhecimento de cada atividade. Se for adequado à empresa, podem ser definidos outros critérios de priorização.

4.3.2 FMEA

Um estudo de FMEA de processo pode ser utilizado para revelar as atividades que acarretam maior risco para a qualidade do produto. Estas atividades serão o foco principal do esforço de estabilização.

A utilização da matriz de processos ou da FMEA irá ser definida na empresa. No caso da empresa já possuir a certificação QS-9000, muitas vezes a tabela de FMEA já estará disponível.

4.3.3 Estudos estatísticos

Outra maneira de priorizar as atividades é analisando informações quantitativas sobre o processo.

A opção por esta alternativa exige que sejam levantados dados confiáveis e atualizadas sobre as atividades. Conforme o caso, exige também a utilização de técnicas uni e multivariadas, além de testes de hipóteses e análises de variância. Esta escolha pode demandar o conhecimento técnico de um estatístico ou engenheiro com conhecimentos em estatística.

A importância de analisar corretamente os dados garante que não seja tomada nenhuma decisão sem que haja sua comprovação. Nota-se que, tanto na utilização da FMEA como na utilização da matriz de processos, a chance de tomar uma decisão errônea é minimizada à medida que participam das decisões pessoas de diversas atividades, consensuando sobre quaisquer dúvidas que possam ocorrer.

As duas primeiras opções apresentadas, matriz de processos e FMEA, são alternativas que exigem a participação de operadores de diversas atividades, enquanto que a análise estatística poderia ser realizada com menos envolvidos, porém exigindo pessoal mais capacitado nas técnicas estatísticas, além de um conjunto de dados recentes.

4.4 Formação da equipe e dimensionamento dos recursos

A partir do momento que as atividades estiverem priorizadas e que o coordenador já souber exatamente onde será implantada a estabilização de processos, pode ser formada a equipe que será responsável pelas etapas subsequentes do trabalho. Nesta fase o grupo torna-se mais específico, passando a contar com os envolvidos diretamente com os processos que foram selecionados durante a priorização dos processos, ou seja, este grupo apresenta um perfil diferente do grupo de trabalho inicial que era composto por funcionários de diversas áreas.

Por se tratar de uma troca de pessoas envolvidas, assim como foi importante nas etapas anteriores, é necessário colocar os funcionários que estão iniciando no projeto a par dos

objetivos da implantação. Uma palestra aos novos participantes pode motivar a equipe e fazer com que todos se sintam responsáveis e engajados no projeto.

Além de selecionar o grupo de trabalho, o coordenador deve-se fazer uma estimativa dos recursos que serão necessários para iniciar o projeto.

O dimensionamento dos recursos é importante para: (i) que sejam providenciados os recursos necessários e (ii) que seja feito o acompanhamento da evolução do projeto, no sentido de controlar os recursos que vão sendo consumidos.

Os recursos podem ser classificados em diversas classes: recursos humanos, recursos computacionais, equipamentos de medição, instalações físicas, treinamento, etc. e cada classe pode ser providenciada por setores diferentes dentro da empresa. O coordenador do projeto deve fazer as solicitações aos responsáveis pelas disponibilizações dos recursos.

Os recursos humanos demandados durante o esforço de estabilização dizem respeito a todo o contingente de pessoas e dos respectivos conhecimentos que serão necessários. Essas pessoas podem ser da empresa ou externas, no caso de consultorias. As responsabilidades das pessoas e as horas de trabalho consumidas no projeto devem ser estimadas para que sejam disponibilizados os recursos.

Como recursos computacionais, estão incluídas as necessidades de *hardware* e *software*. O coordenador do projeto deve solicitar a compra e/ou instalação de computadores, móveis, acessórios, assim como a preparação de treinamentos específicos para cada perfil de funcionário.

Os demais recursos que possam ser necessários, tais como instrumentos de medição e instalações físicas devem ser providenciados pelo coordenador.

4.5 Treinamento do CEP

A etapa denominada treinamento do CEP se refere ao treinamento que deve ser dado à supervisão de área, operadores de máquinas e pessoas que estejam envolvidas com as atividades da estabilização de processos. Nesta etapa da implantação a coordenação deve definir o tipo de treinamento para o CEP e providenciar o treinamento dos facilitadores e operadores.

Aconselha-se que o curso seja elaborado por especialistas na teoria do CEP, contando com o auxílio de profissionais da empresa. Devem ser utilizados exemplos familiares às tarefas diárias dos trabalhadores (operadores, facilitadores, supervisão).

O treinamento deve abordar conceitos de CEP, utilização de *software* e formas de coleta dos dados. Ele pode ser realizado contendo três módulos, como sugere Oppenheim e Przasnyski (1999): teórico, prático e acompanhamento.

O primeiro módulo, aspectos teóricos básicos, deve conter (mas não se limitar à): importância, objetivos e vantagens da implantação do CEP, entendimento do processo (causas e resultados), variabilidade (causas comuns e causas especiais), cartas de controle, estabilidade e capacidade de processos, responsabilidades para o funcionamento do CEP e outros aspectos que forem julgados necessários.

A segunda etapa deve ser de abordagem prática, apresentando o *software* (quando a empresa optar pela utilização de um) ou o preenchimento das cartas de controle, ensinando suas utilizações. É aconselhável que os alunos (operadores) realizem trabalhos de coleta, interpretação e tomada de decisões utilizando dados reais, obtidos da empresa nas áreas em que eles trabalham. Deve ser esclarecida a utilidade das ferramentas estatísticas e do raciocínio estatístico na área de atuação de cada um.

O terceiro módulo, tão importante quanto os anteriores, é o acompanhamento dos operadores por parte dos supervisores por um período suficiente para que os conhecimentos adquiridos sejam aplicados corretamente. Sabe-se que, muitas vezes, os operadores têm receio de apresentar suas dúvidas durante os cursos. No ambiente de trabalho, cujo local eles estão mais familiarizados, acredita-se que seja mais fácil esta comunicação.

Um aspecto que deve ser observado com cuidado durante o treinamento é o grau de instrução e a capacidade de entendimento dos participantes do treinamento. Pode haver diferenças entre a escolaridade, idade e experiência das pessoas. Tais aspectos devem ser levados em conta na preparação do treinamento.

Em entrevistas com os funcionários da empresa que participaram do processo de implementação da estabilização de processos foram relatados alguns problemas referentes às dificuldades no treinamento. Foi citada a falta de desenvolvimento de noções de raciocínio estatístico para os operadores. Este tipo de raciocínio facilitaria o entendimento do CEP. Sugere-se que sejam usadas ferramentas simples que mostrem para os operadores como são construídos os princípios de variabilidade e a utilização de exemplos e ferramentas que auxiliariam as pessoas no entendimento da teoria estatística.

4.6 Análise da variabilidade do processo

A análise da variabilidade do processo é uma etapa que aprimora o conhecimento sobre o sistema, podendo ser entendida como a seqüência da etapa de priorização das atividades.

Neste ponto, o grupo de trabalho deve avaliar todas as causas de variação do processo para que seja possível identificar, estimar e posteriormente minimizar as causas de variabilidade inerentes ao processo.

A variação observada nos resultados do processo pode ser devida à variação dos parâmetros do processo (matéria-prima, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra, método, etc.), sistema de medição, ou devida a causas aleatórias.

Inicialmente deve-se providenciar um estudo completo do sistema de medição (apresentado no capítulo 2, item 2.2.3). Este estudo faz parte dos requisitos da ISO 9000 e QS-9000 e irá verificar se os equipamentos de medição da empresa apresentam-se em condições de uso. Busca-se que o sistema seja considerado aceitável, ou seja, que a variação provocada pelo sistema de medição seja conhecida e consideravelmente menor que a variação total. Este tipo de estudo pode ser terceirizado, através de institutos de metrologia, ou feito na própria empresa, através de estudos de repetibilidade e reprodutibilidade. Garantido que o erro associado ao sistema de medição é pequeno, parte-se para a análise das demais causas de variabilidade.

Independentemente da causa da variabilidade dos dados, nos resultados finais alguns ou todos os tipos de variações assinalados a seguir podem ser observados:

- Variações entre peças de diferentes *setups*.
- Variações entre peças do mesmo *setup*, mas com pequenos ajustes durante a produção (ajustes finos).
- Variações em diferentes peças de um mesmo ajuste.
- Variações ao longo da peça.
- Variações ao longo da seção.

Embora seja possível diferenciar as variações através de um estudo de análise da variância, não é usual as empresas fazerem este tipo de estudo, pois é requerido conhecimento técnico para a coleta dos dados e para a análise dos resultados.

De qualquer forma, a magnitude e o tipo de relação entre as causas de variabilidade e os resultados do processo deve ser estimada de tal forma que seja possível esclarecer quais

mudanças são consideradas causas comuns de variação e quais serão consideradas causas especiais.

Tais variações devem ser classificadas em:

- Variações inerentes ao processo (oriundas de causas comuns): as quais devem ser incorporadas ao cálculo da variabilidade e dos respectivos limites de controle do processo em questão.
- Variações não usuais (oriundas de causas especiais): as quais não devem ser consideradas no cálculo da variabilidade e dos respectivos limites de controle para o processo em questão.

A mesma fonte de variabilidade pode ser considerada causa comum ou causa especial, conforme o processo/empresa em questão. Por exemplo, em alguns casos, diferenças de *setup* podem ser a principal fonte de variabilidade e podem ser consideradas causas comuns, inerentes ao processo. Em outros casos, diferenças de *setup* podem ser consideradas causas especiais, pois deveriam ser insignificantes; qualquer diferença notável trata-se de erro e deve ser imediatamente corrigido (causa especial).

Existem duas maneiras de avaliar corretamente a variabilidade inerente ao processo. Uma das maneiras é formar subgrupos que incorporem as causas de variabilidade consideradas inerentes ao processo. Outra maneira é somar fontes de variabilidade utilizando procedimentos estatísticos. Avaliar corretamente a variabilidade inerente ao processo é fundamental, uma vez que essa informação é a base tanto para as cartas de controle como para os estudos de capacidade do processo. Nos casos mais complexos a avaliação da variabilidade do processo deve ser feita utilizando as técnicas de análise de variância, embora se observe que isso não ocorre na prática.

4.6.1 Estratégias de formação de subgrupos

De acordo com as referências clássicas de controle estatístico do processo, as medidas dentro dos subgrupos deveriam refletir a variabilidade natural do processo (causas comuns). Isto é decorrente das condições de produção do período em que o controle estatístico foi desenvolvido (primeira metade do século). Naquela época a produção era basicamente manual o que gerava diferenças significativas entre peças. Neste cenário, as diferenças entre *setups* podiam ser desprezadas, pois eram pequenas comparadas às variações entre peças.

Com a inserção da tecnologia no setor produtivo este contexto foi modificado. Atualmente a diferença entre peças é substancialmente menor. Neste novo cenário, as diferenças entre *setups* não podem mais serem desprezadas. Na verdade, em alguns processos, são a principal fonte de variabilidade.

Esta evolução dos processos produtivos pode ser observada na prática. Entretanto, as bases teóricas do CEP não foram atualizadas. A metodologia Seis Sigma é pioneira neste aspecto, e está impondo a necessidade de rever estes procedimentos. Isto pode ser percebido através da forma utilizada pela metodologia Seis Sigma para a modelagem da variabilidade, onde admite-se que a média do processo varia 1,5 sigma para cima ou para baixo do valor central. Admitir que a média do processo irá variar corresponde a aceitar variações entre *setups* como inerentes ao processo produtivo.

O cálculo da variabilidade do processo no CEP é feito (tradicionalmente) através da estimativa da variabilidade dentro dos subgrupos. Quando a variabilidade dentro dos subgrupos não reflete a variabilidade total do processo, esta será subestimada. Neste caso, os limites de controle do processo resultam muito estreitos e variações naturais passam a ser identificadas como causas especiais.

Portanto, é importante criar uma estratégia para a formação dos subgrupos que reflita a variabilidade total do processo. Se isso não for possível, as fontes de variabilidade inerentes ao processo que não estão incluídas no subgrupo (por exemplo, diferenças de *setup*), devem ser adicionadas utilizando procedimentos estatísticos.

4.6.2 Freqüência e tamanho da amostragem

A determinação da freqüência e do tamanho da amostragem depende da intenção da empresa na detecção das mudanças no processo. Amostras maiores permitem detectar pequenas mudanças no processo. Amostras menores podem ser coletadas com maior freqüência, detectando mais rapidamente grandes mudanças no processo.

Além da intenção da empresa, a determinação dos subgrupos deve ser feita de tal forma que os dados dos subgrupos representem a variabilidade natural do processo (provinda de causas comuns), tendam à distribuição normal, sejam grandes o suficiente para detectar causas especiais atuando no processo e, além disso, sejam economicamente viáveis.

A freqüência da amostragem deve ser determinada com base nas condições do processo (estáveis ou não, conhecidos ou não), freqüência com os eventos acontecem no processo e custo e dificuldade da amostragem.

O tamanho do subgrupos depende da forma como os dados são coletados (o subgrupo deve representar a variação usual), da capacidade de detecção de mudanças e da viabilidade econômica da amostragem.

A frequência de amostragem da coleta dos dados deve ser feita com cuidado por uma equipe que conheça o produto e o processo, de forma que seja possível minimizar os esforços de coleta, sem que haja perdas ao sistema.

4.7 Tabela de pontos críticos de controle

A tabela de pontos críticos de controle (TPCC) é uma versão mais compacta da TGP (apresentada no capítulo 3), onde são resumidos os principais pontos de cada atividade. Ela consiste de uma listagem onde aparecem os principais itens de ajuste que influenciam na atividade, a maneira como eles devem ser regulados e o responsável. As informações apresentadas nas TPCC's são obtidas em reuniões com os responsáveis pelas atividades, que, após terem feito o treinamento para o CEP, estão capacitados para definir os pontos críticos de controle. O objetivo desta tabela é servir como instrumento de auxílio nas consultas dos operadores que executam as tarefas. Essa tabela deve ficar a disposição dos operadores que executam a atividade. A Figura 24 apresenta um modelo de TPCC onde devem ser claramente identificados o processo e a atividade.

Processo: _____		Atividade: _____		
Item de ajuste	Valor	Instrumento de medida	Frequência	Responsável

Figura 24: Modelo de TPCC

4.8 Desenvolvimento dos PO's

A padronização das atividades implica na definição detalhada da maneira correta de realizar cada atividade. A padronização das atividades é alcançada principalmente através do desenvolvimento dos procedimentos operacionais (PO's) e do treinamento dos operadores. Os

PO's têm a principal função de monitorar os trabalhadores na realização das atividades. É uma forma de manter o conhecimento adquirido registrado, ao alcance de todos os funcionários que executam as atividades.

Cada atividade relevante no processo deve ter PO's associados, onde são apresentadas as principais informações sobre a atividade. A redação dos padrões operacionais deve ser feita pelos operadores, mas deve ser de responsabilidade da supervisão ou gerência da área. Usualmente as empresas estabelecem um modelo padrão de PO, onde constam alguns itens básicos, como:

- objetivo do documento,
- aplicação,
- itens de ajuste,
- valores estabelecidos para estes itens,
- responsáveis,
- ações corretivas.

Um PO completo deve conter a informação necessária para a execução da tarefa e definição das ações que devem ser tomadas quando os valores observados no processo não estiverem de acordo com os estabelecidos no PO, ou seja, com base no PO os funcionários devem ser capazes de buscar subsídios para a tomada de decisão no caso de serem necessárias ações corretivas.

Os PO's devem ser numerados e com distribuição controlada. A importância do controle dos PO's dá-se pela necessidade de atualizações, que, uma vez efetuadas na atividade, devem ser corrigidas no PO.

Assumindo-se que esta proposta se destina a empresas com certificação em ISO-9000, boa parte do trabalho desta etapa já deve ter sido realizado, pois é requisito obrigatório da ISO que sejam mantidos atualizados e controlados os PO's das atividades. No entanto, em função da identificação das atividades críticas, alguns PO's serão revistos, outros serão melhor detalhados ou desdobrados. Além disso, também podem surgir alguns novos PO's, fruto do aprendizado obtido durante o preenchimento da matriz do processo ou da FMEA.

4.9 Treinamento dos PO's

A etapa denominada treinamento dos PO's se destina aos trabalhadores que vão utilizar os PO's, previamente desenvolvidos, para basear suas atividades. É necessário que eles estejam seguros da consulta e correta utilização dos PO's.

A necessidade de treinamento pode ser estabelecida de acordo com os procedimentos já descritos no "Manual de Qualidade da ISO" e "Como definir a necessidade de treinamento?".

No treinamento para a utilização dos PO's, assim como no treinamento para o CEP, devem ser observados os aspectos referentes a grau de instrução e capacidade de entendimento dos participantes devido às diferenças que possam existir entre as pessoas.

4.10 Implantação de PO's e CEP

O momento da implantação é o início do funcionamento de todas as operações, de acordo com o treinamento e utilizando os padrões operacionais.

Embora todos os passos anteriores tenham tratado de estabelecer as ações que devem ser tomadas, de maneira que o processo de implantação seja gradual, no momento que a coleta de dados inicia seu funcionamento, podem ser necessários alguns ajustes.

Nesta etapa, as chances do sistema falhar são grandes, pois ele ainda não está consolidado. Este período exige a participação da coordenação e da gerência. A coordenação tem a responsabilidade de fazer adaptações na forma e frequência da coleta dos dados; enquanto que a gerência deve auxiliar em pontos onde há a necessidade de maiores recursos. A verificação da adequação da carga de trabalho, da disponibilidade dos recursos e a garantia de que todos os envolvidos estão capacitados será obtida neste momento.

Além dos motivos operacionais que demandam o acompanhamento da coordenação e gerência, este é um período onde ainda não há conhecimento dos resultados que a estabilização de processos pode proporcionar à empresa. Além disso, deficiências no desenvolvimento das etapas anteriores poderão ser verificadas apenas agora. Se essas deficiências não forem recuperadas rapidamente, poderão desacreditar a metodologia de estabilização. Assim sendo, a coordenação e a gerência devem fornecer total apoio a esta etapa.

4.11 Monitoramento, auditorias e melhorias do processo

A etapa denominada monitoramento, auditorias e melhoria do processo diz respeito à análise cuidadosa dos resultados gerados pelo processo onde foi implantada a estabilização de processos.

O objetivo das auditorias é garantir que as instruções contidas nos padrões de operação (PO) estejam sendo seguidas. É uma forma de avaliar constantemente a organização e garantir que o processo seja mantido pelas pessoas envolvidas. A realização periódica de auditorias internas mantém as pessoas envolvidas e informadas sobre o andamento do processo.

Após algum tempo de funcionamento do sistema, já estarão disponíveis registros suficientes para as análises dos dados. A análise dos dados pode ser feita com base nos resultados das estatísticas descritivas e através dos estudos de estabilidade e capacidade.

Estes estudos devem ser feitos periodicamente pela gerência da empresa. A frequência da análise dos dados deve ser definida pela equipe e deve contemplar um período que permita observar mudanças no processo e medir o efeito das ações sobre ele. Desta maneira será possível melhorar o sistema, num laço de progresso contínuo, como indicado por Montgomery, 1990 e apresentado na Figura 2.

A análise dos dados através dos estudos de estabilidade e capacidade das variáveis críticas serve de base para a avaliação e tomada de decisão na empresa. De acordo com os aspectos teóricos apresentados no capítulo 2, a incidência de causas especiais sobre o processo deve ser tratada pelos operadores, enquanto que a variabilidade excessiva (causas comuns) deve ser resolvida através de ações gerenciais.

4.12 Avaliação e melhorias do sistema de estabilização

O método de estabilização de processos que foi apresentado até este ponto incluiu uma estrutura organizacional, uma estrutura de responsabilidades, procedimentos e recursos.

O objetivo desta etapa é avaliar este sistema para que possam ser feitas as melhorias que garantirão o sucesso da implantação. A avaliação do sistema deve passar por uma análise dos pontos citados a seguir:

- Grau de envolvimento dos participantes do processo de implantação de estabilização de processos. A avaliação do grau de envolvimento do pessoal permite que sejam feitos os ajustes necessários, tanto em termos da carga de trabalho quanto em relação às responsabilidades de cada um nos trabalhos futuros.

- Técnicas e ferramentas empregadas. Deve ser feita uma análise crítica da adequação das técnicas e ferramentas empregadas na estabilização. Conforme os resultados desta análise, podem ser sugeridas adaptações ou uso de ferramentas diferentes em algumas atividades.
- Ganhos obtidos. Deve ser realizada a comparação dos indicadores estabelecidos (seção 4.2.2) com os resultados alcançados e com as metas desejadas. Isto fornece uma visão clara de “onde estamos” e “onde queremos chegar”.
- Continuidade da melhoria. A definição da continuidade dos trabalhos deve ser feita pela gerência e coordenador do projeto, levando em conta as metas da empresa. Aqui devem ser definidos os novos projetos que irão mobilizar o tempo da equipe de estabilização.

Depois de determinados esses pontos principais, a empresa terá uma visão completa do esforço de estabilização, considerando tanto os aspectos humanos, os aspectos técnicos, os resultados obtidos, e as novas atividades a serem empreendidas.

5 DISCUSSÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

No capítulo 3 foi descrita a metodologia de estabilização de processos implantada na Siderúrgica Aços Finos Piratini, durante o ano de 1999.

Na seqüência (capítulo 4), foi apresentada uma nova metodologia de estabilização de processos baseada naquela aplicada, no entanto apresentando algumas modificações. A necessidade de adaptações se deu principalmente em função de algumas dificuldades encontradas no estudo de caso e também para torná-la mais genérica.

Em relação a projetos de implantação de metodologias, pode-se ressaltar alguns aspectos que devem ser observados e que devem garantir o sucesso da implantação:

- Definições e metas: esclarecimento da condição atual e da desejada da empresa em relação aos aspectos desejados.
- Equipe: formação de uma equipe forte, engajada e motivada com comprometimento dos diretores, gerentes, operadores de máquina, etc. com relação aos resultados do processo.
- Plano de trabalho: metodologia que auxiliará na execução de todas as etapas importantes e no melhor seqüenciamento das atividades.
- Treinamento: preparação dos envolvidos nos aspectos necessários.
- Avaliação: acompanhamento da evolução da implantação ao longo do tempo sob diversos aspectos.
- Reconhecimento: garantia de que os envolvidos continuarão no projeto.

Analisando-se as metodologias, aplicada e proposta de acordo com os aspectos acima citados, verifica-se que as principais modificações realizadas foram em relação aos aspectos gerenciais da implantação.

Na implantação de uma metodologia de estabilização de processos são igualmente importantes os aspectos técnicos e gerenciais.

Os aspectos técnicos, neste caso, dizem respeito à definição dos indicadores e metas, priorização das atividades do processo, dimensionamento dos recursos, treinamentos, desenvolvimento dos padrões operacionais, avaliação do processo e do sistema.

Os aspectos gerenciais garantem que sejam recrutadas as pessoas corretas, que estas pessoas sejam mantidas motivadas, que a manutenção dos resultados seja contínua, que haja o suporte necessário para que o trabalho seja executado.

Existe uma relação de dependência entre os dois aspectos, técnico e gerencial, que torna imprescindível a co-existência de ambos durante todo o período. Não será possível a implantação e mantimento de uma metodologia de estabilização de processos sem que hajam associados os aspectos técnicos e gerenciais, durante todo o tempo.

Na implantação da metodologia de estabilização de processos puderam ser sentidas necessidades de haver definição clara da estrutura das responsabilidades, onde ficam especificadas as responsabilidades de cada um no processo de implementação da metodologia e e suporte (mantimento) dos resultados ao longo do tempo.

Além disso a ligação entre os objetivos da implantação e os objetivos da empresa garante que os esforços de implementação e mantimento e os resultados alcançados andem paralelamente com os resultados esperados pela empresa. Neste caso fala-se de lucro ou retorno monetário. As metas da empresa são estipuladas em valores monetários, logo os resultados obtidos através da implementação da metodologia de estabilização de processos devem também ser avaliados em função de valores.

O terceiro ponto onde houveram modificações entre as metodologias foi a necessidade em relação à diferenciação entre avaliação dos resultados do processo e do sistema de garantia do processo. Onde fala-se em resultados do processo está se referindo às melhorias observadas no processo produtivo. Estas melhorias podem ser medidas em relação à quantidade de itens retrabalhados, sucateados, não conformes, etc.. Já em relação à avaliação do sistema de garantia do processo a expectativa é que sejam feitos estudos para avaliar periodicamente todo o sistema, e envolve carga de trabalho dos envolvidos, disponibilidade de tempo para as atividades, satisfação das pessoas em relação ao projeto, etc.

As alterações propostas na metodologia não foram aplicadas na prática, entretanto acredita-se que os resultados obtidos com ela sejam superiores aos ganhos em termos de qualidade e comprometimento dos funcionários no projeto.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O cenário atual de competitividade entre as empresas, determinado a partir da abertura das fronteiras comerciais entre os países, criou uma demanda crescente de qualidade nos produtos e serviços. Essa necessidade se dá em todas as empresas, independentemente de serem prestadoras de serviço ou de produção de bens.

Desta forma, busca-se cada vez mais a excelência na qualidade dos produtos como forma de garantir a satisfação dos clientes, ao mesmo tempo em que se diminui retrabalho, reduzindo custos e aumentando a produtividade.

Os objetivos traçados para este trabalho foram alcançados na medida em que foi acompanhada a implantação de uma metodologia de estabilização de processos, e, a partir desta experiência, conhecendo-se as principais dificuldades enfrentadas, foi desenvolvida uma abordagem diferenciada, visando aprimorar a metodologia utilizada no estudo de caso e torná-la mais genérica para o uso em diferentes perfis de empresa.

Procurou-se apresentar uma revisão bibliográfica compacta e concisa, abordando as principais questões definidas pelos objetivos. Os principais tópicos relacionados à estabilização de processos e à implantação de sistemas de garantia da qualidade foram abordados separadamente no segundo capítulo, visando fornecer o suporte teórico necessário ao desenvolvimento do trabalho. Durante a revisão bibliográfica, foram encontradas dificuldades na obtenção de material pois, na literatura podem ser encontrados muitos trabalhos referentes às técnicas empregadas, mas poucos apresentam uma visão mais geral, voltada para a implantação de uma metodologia de estabilização de processos.

O perfil da empresa onde foi desenvolvido o estudo de caso é particular, pois trata-se de uma empresa de grande porte, produtora de aços para a indústria da construção civil, metal-mecânica, automotiva e o setor agropecuário. A metodologia aplicada foi desenvolvida pelos representantes da empresa onde foi feito o estudo de caso em conjunto com pesquisadores da Universidade. Esta parceria acrescentou ganhos as duas partes, pois foram aplicados juntamente os conhecimentos práticos dos funcionários da empresa e os conhecimentos teóricos dos pesquisadores.

A metodologia aplicada consiste em 13 etapas, que se apresentam classificadas em dois grandes módulos: padronização e estabilização.

Os resultados obtidos com esta metodologia foram significativos. A análise das barras produzidas indicou que o valor de C_{pk} cresceu em média 9,91%, o que implica na redução de 75% dos produtos não conformes produzidos pelo setor. Fazendo uma projeção em termos monetários poderia-se estimar os ganhos na faixa de US\$ 4600 por mês, apenas na redução de desvios, retrabalhos e sucateamento de material. Ressalta-se que os ganhos obtidos não são apenas estes. Existem ganhos indiretos, tais como aumento da satisfação do cliente, redução do tempo de produção, diminuição de estoques, etc. que não foram avaliados nestas estimativas.

Embora os resultados proporcionados pela metodologia tenham sido significativos, a necessidade de adaptações se deu principalmente em função de algumas dificuldades encontradas no estudo de caso e também para torná-la mais genérica.

Os pontos onde foram feitas alterações de maior vulto entre as duas metodologias, a aplicada e a proposta, são:

- Definição clara da estrutura das responsabilidades.
- Ligação entre os objetivos da implantação e os objetivos da empresa.
- Diferenciação entre avaliação dos resultados do processo e do sistema de garantia do processo.

Embora esta nova metodologia não tenha sido testada na prática em outras empresas, acredita-se que os resultados proporcionados por ela sejam melhores que os proporcionados pela metodologia testada na empresa, devido ao fato de terem sido aprimorados alguns aspectos.

Sugestões para trabalhos futuros

A recomendação geral para a continuidade deste trabalho refere-se à aplicação da metodologia proposta em empresas de diferentes perfis (setor e porte). Isso permitiria testar a metodologia e, caso necessário, promover adaptações pertinentes aos setores testados.

Alguns aspectos foram tratados de forma resumida neste trabalho e merecem estudos mais aprofundados, são eles:

- Maneira de estabelecer indicadores. No estudo de caso deste trabalho foi utilizado o C_{pk} como indicador de evolução do processo. Este indicador apresenta as vantagens

de ser de fácil obtenção, pois deriva diretamente dos dados utilizados no CEP. Entretanto, ele não está diretamente ligado com as metas da empresa e seu entendimento não é bem assimilado por todos da empresa. O estudo de indicadores de desempenho que apresentem as características citadas acima deve ser analisado em trabalhos futuros.

- Forma de cálculo da variabilidade dos processos e formação dos subgrupos dos dados. As bases conceituais clássicas do CEP para cálculo da variação do processo supõem que os dados registrados nos subgrupos refletem a variabilidade do processo. Esta suposição foi alterada com o passar dos anos e é decorrente da mudança provocada nas empresas devido à inserção de novas tecnologias nos processos produtivos. Atualmente os dados organizados em subgrupos da maneira tradicional podem fazer com que variações consideradas naturais sejam tratadas como sendo causas especiais. O aprofundamento neste assunto permitiria que fossem apresentadas formas alternativas de estimação da variabilidade do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 8402 Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade – Terminologia. Rio de Janeiro : 1994.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 9000-1 Normas de Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade. Parte 1: Diretrizes para seleção e uso. Rio de Janeiro: 1990.
- AKAO, Y. *Quality Function Deployment: integrating customer requirements into product design*. Cambridge, USA: Productivity Press, 1990.
- ANDERSON, J., RUNG TUSANATHAM, M., e SCHROEDER, R. A theory of quality management underlying the Deming management method. *The Academy of Management Review*, v.19, n.3, 1994. Disponível na internet via www URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Outubro de 1999.
- ANTON, D.W. An unexpected competitive edge. *Quality Progress*, v.32, n.7, p. 87-93, jul.1999.
- AZAMBUJA, T. T. Documentação de sistemas de qualidade: um guia prático para a gestão das organizações. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1996.
- BLAKESLEE, J. A. Jr., Implementing the six sigma solution. *Quality Progress*, v.32, n.7, p. 77-85, jul.1999.
- BRIEDA, J. Product assurance structure and management. *Quality Progress*, v.31, n.1, p.71-75, jan.1998.
- CAMPOS, M. S. Em busca do padrão Seis Sigma. *Revista Exame*, ed. 689, jun.1999. Disponível na internet via www. URL <http://ww2.uol.com.br/exame/ed689/adm.html>. Arquivo capturado em setembro de 1999.
- CAMPOS, V. F. *O valor dos recursos humanos na era do conhecimento*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- CHANDLER, K. Quality in the age of networked society. *Quality Progress*, v.31, n.1, p.49-52, jan.1998.

- CRAWFORD-MASON, C. *Profound Knowledge: a new synthesis from a transcending prespective to personal improvement*. Silver Spring, MD: *CC-M Productions*, 1997.
- DEFEO, J. A. *Six Sigma: road map for survival*. New York, *HR Focus*; 1999. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Novembro de 1999.
- DEMING, W. E. *Qualidade: a revolução na administração*. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.
- DeVOR, R. E., CHANG, T.H. e SUTHERLAND, J.W. *Statistical quality design and control: contemporary concepts and methods*. New York : Macmillan, 1992.
- DREBTCHINSKY, J. *Implementação de sistemas de qualidade*. São Paulo: Saraiva, 1996.
- DRUMMOND, H. *O movimento pela qualidade: de que o gerenciamento de qualidade total realmente se trata*. São Paulo: Littera Mundi, 1998.
- DU PREZ, N. D. e PINTELO, L. The industrial engineer – caught between two revolutions? *Production Planning and Control*, v.8, n.5, p. 418-430, jul./ago.1997.
- EDGEMAN, R. L., DAHLGAARD, S. M. P., DAHLGAARD, J. J. e SCHERER, F. On leaders and leadership. *Quality Progress*, v.32, n.10, p.49-54, out.1999.
- FEIGENBAUM, A. V., *Total Quality Control*, 3. ed. rev., New York: McGraw Hill, 1991.
- FINN, G. A. Six-sigma quality for virtual products. *Manufacturing Engineering*. Dearborn: dez.1999. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Março de 2000.
- HINES, W. A. The stops and starts of total quality management. *Quality Progress*, v.31, n.2, p. 61-64, fev.1998.
- HO, S. K. M.. From TQM to business excellence. *Production Planning and Control*, v.10, n.1, p. 87-96, jan./fev.1999.
- HUNTER, D. e SCHMITT, B. Six sigma: benefits and approaches. *Chemical Week*, v.161, n.37, p. 35-36, out.1999. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Fevereiro de 2000.
- ISHIKAWA, K. *Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- JURAN, F. What they're saying about standards. *Quality Progress*, v.32, n.7, p. 30-31, jul.1999.
- LeGAULT, M. Achieving perfection. *Canadian Plastics*, Nov.1998. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Outubro de 1999.

- McMANUS, K. Is quality dead? *IIE Solutions*, v.31, n.7, p.32-35, jul.1999. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Março de 2000.
- MOHANTY, R. P. TQM: issues for deliberation. *Production Planning and Control*, v.8, n.1, p. 10-13, jan.1997.
- MONTGOMERY, D. C. *Introduction to statistical quality control*. John Willey and Sons, 1990.
- MUNRO, R. A. Linking Six Sigma with QS-9000. *Quality Progress*, v.33, n.5, p. 47-53, maio 2000.
- NAVEH, E., EREZ, M. e ZONNESHAIN, A. Deleloping a TQM implementation model. *Quality Progress*, v.31, n.2, p. 55-59, fev.1998.
- OPPENHEIM, B. W. e PRZASNYSKI, Z. H. Total quality requires serious training. *Quality Progress*, v.32, n.10, p.63-73, out.1999.
- PEREZ-WILSON, M.. *Seis Sigma: compreendendo os conceitos, as implicações e os desafios*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- QS-9000, *Requisitos do sistema da qualidade - Manual de Referência*. Chrysler Corporation, Ford Motor Company e General Motors Corporation. Edição brasileira, 1997.
- RIBEIRO, J. L. D. e CATEN, C. Introdução ao controle estatístico do processo. PPGEP/UFRGS, Notas de Aula. Porto Alegre, 2000.
- RICHARD, S. R. Is your organization spooked by ghostly team performances? *Quality Progress*, v.30, n.5, p.98-101, maio 1997.
- SCHROEDER, S. Culture of quality *Risk Management*, v.46, n.10, p.56, out.1999 Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Fevereiro de 1999.
- SENGE, P. M. *et al. A dança das mudanças: os desafios de manter o crescimento e o sucesso em organizações que aprendem*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SIMMONS, B. L. and WHITE, M. A. The relationship between ISO-9000 and business performance: does registration really matter? *Journal of Managerial Issue*, v.11, n.3, p. 330-333, outono1999. Disponível na internet via www. URL <http://www.umi.com/pqdweb>. Arquivo capturado em Março de 2000.

- SNEE, R. D. Impact of Six Sigma on Quality Engineering. *Quality Engineering*, v.12, n.3, p. ix-xiv, mar.2000.
- SOARES, A. C. S. Qualidade: estratégia de competitividade industrial – uma análise na indústria sul brasileira. Florianópolis: UFSC, 1998. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 1998.
- THISSE, L. C. Advanced quality planning: a guide for any organization. *Quality Progress*, v.31, n.2, p. 73-77, fev.1998.
- UHLFELDER, H. F. It's all about improving performance. *Quality Progress*, v.33, n.2, p. 47-52, fev.2000.
- VASS, D.J. e KINCADE, D.H. Relationship of TQM implementation and employee opinion survey: a study of three manufacturers. *Quality Management Journal*, v.6, n.1, p. 60-73, jan.1999.
- WERKEMA, M. C. C. *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- WILSON, S. R. The impact of standards on industrial development and trade. *Quality Progress*, v.32, n.7, p. 71-75, jul.1999.
- WYPER, B. e HARRISON, A. Deployment of Six Sigma methodology in Human Resource function: A case study. *Total Quality Management*, v.11, n.4, p. 720-728, jul.2000.
- ZHU, Z. e SCHEUERMANN, L. A comparison of quality programs: Total quality management and ISO-9000. *Total Quality Management*, v.10, n.2, p. 291-298, mar.1999.

ANEXO

Formulário básico

As fórmulas a seguir apresentadas foram retiradas de Ribeiro e Caten (2000)

Estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R)

Repetitividade (Variação do equipamento)

$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$ onde K é o número de operadores

$$\sigma_e = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad VE = 5,15\sigma_e \quad VE\% = \frac{VE}{VT} \times 100 \quad \text{ou} \quad VE\% = \frac{VE}{Tolerância} \times 100$$

Reprodutibilidade (Variação do operador)

$R_o = \bar{x}_{máximo} - \bar{x}_{mínimo}$ entre os operadores $VO = \sqrt{\left(5,15 \frac{R_o}{d_2}\right)^2 - \frac{(5,15\sigma_e)^2}{nr}}$

$$\sigma_o = \frac{VO}{5,15} \quad VO\% = \frac{VO}{VT} \times 100 \quad \text{ou} \quad VO\% = \frac{VO}{Tolerância} \times 100$$

Repetitividade e Reprodutibilidade

$\sigma_m = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_o^2}$ $R \& R = 5,15\sigma_m$ ou $R \& R = \sqrt{VE^2 + VO^2}$

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{VT} \times 100 \quad \text{ou} \quad R \& R\% = \frac{R \& R}{Tolerância} \times 100$$

Varição peça a peça

$$R_p = \bar{x}_{\text{máximo}} - \bar{x}_{\text{mínimo}} \quad \text{Entre peças} \quad \sigma_p = \frac{R_p}{d_2} \quad VP = 5,15\sigma_p$$

$$VP\% = \frac{VP}{VT} \times 100 \quad \text{ou} \quad VP\% = \frac{VP}{\text{Tolerância}} \times 100$$

Varição total

$$VT = \sqrt{R^2 + VP^2}$$

onde n = número de peças,

r = número de ciclos de medição

d_2 deve ser obtido da tabela sendo que para repetitividade $g > 15$ e para reprodutibilidade $g = 1$

g	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
1	1,41	1,91	2,24	2,48	2,67	2,83	2,96	3,08	3,18	3,55
5	1,19	1,74	2,10	2,36	2,56	2,73	2,87	2,99	3,10	3,49
10	1,16	1,72	2,08	2,34	2,55	2,72	2,86	2,98	3,09	3,48
15	1,15	1,71	2,07	2,34	2,54	2,71	2,85	2,98	3,08	3,48
30	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	3,472

Para aceitação do sistema de medição é usual utilizar os critérios

$R\&R\% < 10\%$ Sistema de medição aceito

$10 < R\&R\% < 30\%$ Sistema de medição **pode** ser aceito

$R\&R\% > 30\%$ Sistema de medição rejeitado

Controle Estatístico do Processo

Carta de médias e amplitudes

Inicialmente calcula-se a amplitude média e a média do processo

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \qquad \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

onde \bar{x}_i = média do subgrupo i

R_i = amplitude do subgrupo i

k = número de subgrupos

E os limites para as cartas de médias e amplitudes ficam:

Para médias
$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$
$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Para amplitudes
$$LCS = D_4 \bar{R}$$
$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Onde D_4 , D_3 e A_2 são constantes que dependem do tamanho da amostra (subgrupo)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_4	3,27	2,57	2,28	2,11	2,00	1,92	1,86	1,82	1,78
D_3	0	0	0	0	0	0,08	0,14	0,18	0,22
A_2	1,88	1,02	0,73	0,58	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31

Capacidade do processo

Para calcular a capacidade do processo é necessário uma estimativa do desvio padrão σ .

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

onde

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,70	2,85	2,97	3,08

Os índices de capacidade mais utilizados são o C_p e o C_{pk}

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = \frac{\text{Especificações}}{\text{Dispersão}}$$

$$C_{pk\text{ superior}} = \frac{LES - \bar{x}}{3\sigma} \quad \text{e} \quad C_{pk\text{ inferior}} = \frac{\bar{x} - LEI}{3\sigma}$$

São considerados processos capazes aqueles que apresentarem C_p e C_{pk} maiores que 1,00. Algumas empresas adotam o valor maior que 1,33 para processos capazes.