

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO DAS
ABORDAGENS SEIS SIGMA E
TEORIA DAS RESTRIÇÕES: UM ESTUDO DE CASO**

ROBSON LUÍS RIBEIRO DE ALMEIDA

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2007

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO DAS
ABORDAGENS SEIS SIGMA E
TEORIA DAS RESTRIÇÕES: UM ESTUDO DE CASO**

ROBSON LUÍS RIBEIRO DE ALMEIDA

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2007

ALMEIDA, ROBSON LUÍS RIBEIRO DE ALMEIDA. ***Proposta De Um Modelo De Integração das Abordagens Seis Sigma E Teoria Das Restrições: Um Estudo de Caso***. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

RESUMO

Na busca pela melhoria contínua e maximização de resultados, torna-se indispensável a utilização de um conjunto de abordagens voltadas ao entendimento e resolução de problemas, assim como a aplicação de filosofias de gestão. Dentre as diversas abordagens voltadas à gestão das organizações, duas são foco desta pesquisa, quais sejam, a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC) e a Seis Sigma (*Six Sigma* - SS). Tais abordagens são convencionalmente apresentadas em separado na literatura, com muito poucos trabalhos voltados a propostas de utilização conjunta destas abordagens. Ainda que estas abordagens apresentem certos pressupostos bastante particulares, uma hipótese deste trabalho é que ambas possuem certas características complementares que as apóiam mutuamente. Nesta dissertação é apresentado um modelo voltado à seleção de projetos Seis Sigma de acordo com alguns pressupostos da TOC, mais especificamente seus cinco passos de focalização e suas medidas financeiras de apoio à decisão. Para ilustração da aplicabilidade do modelo proposto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa fabricante de tintas. O trabalho termina com algumas considerações finais relativas às premissas e possibilidades permitidas com a adoção do modelo.

PALAVRAS-CHAVE: INVENTÁRIO, LUCRATIVIDADE, SEIS SIGMA, TOC

ALMEIDA, ROBSON LUÍS RIBEIRO DE ALMEIDA. ***Proposta De Um Modelo De Integração das Abordagens Seis Sigma E Teoria Das Restrições: Um Estudo de Caso***. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

ABSTRACT

The quest for continuous improvement and maximization of results, renders the utilization of integrated approaches for the understanding and resolution of problematic issues, as well as the application of management philosophies, indispensable. Amongst the various approaches of business management, two are the focus of this research, being the Theory of Constraints (TOC) and Six Sigma (SS). Traditionally, these approaches are presented separately in the literature, with very little work dedicated to proposals for the combined use of them. Although these approaches present certain peculiar presumptions, one hypothesis of this study is that both contain complementary characteristics, which mutually support the techniques. In this dissertation a model is presented for the selection of Six Sigma projects in agreement with some presumptions of the TOC, more specifically, it's 5 steps for focusing their financial metrics and decision making support. For the demonstration of the applicability of the proposed model, a case study was executed in a company manufacturer of paints. This study concludes with some final considerations concerning the presumptions and the permitted possibilities after the acceptance of the model.

KEYWORD: *Inventory, Profitability, Six Sigma, TOC.*

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------|-------------|
| RESUMO..... | IV |
| ABSTRACT..... | V |
| LISTA DE FIGURAS..... | VIII |
| LISTA DE TABELAS..... | IX |

| | |
|--|------------|
| LISTA DE QUADROS..... | X |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | XI |
| LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS..... | XII |
| INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA..... | 03 |
| 1.2. METODOLOGIA DE PESQUISA..... | 04 |
| 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 08 |
| TEORIA DAS RESTRIÇÕES..... | 10 |
| 2.1. TAMBOR-PULMÃO-CORDA..... | 16 |
| 2.2. A CONTABILIDADE GERENCIAL DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES..... | 18 |
| SEIS SIGMA..... | 30 |
| 3.1. SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA..... | 33 |
| 3.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL PARA PROJETOS SEIS SIGMA..... | 38 |
| 3.3. A METODOLOGIA DMAIC..... | 40 |
| 3.4. A MUDANÇA CULTURAL..... | 44 |
| 3.5. A CONTABILIDADE GERENCIAL DO SEIS SIGMA..... | 46 |
| 3.6. VIABILIDADE DO PROJETO..... | 47 |
| PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO TOC E SS..... | 48 |
| 4.1. O MODELO DE EHIE E SHEU E A NECESSIDADE DE VISÃO SISTÊMICA..... | 49 |
| 4.2. PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO DAS ABORDAGENS SS E TOC..... | 52 |
| ILUSTRAÇÃO DA APLICABILIDADE DO MODELO PROPOSTO: UM ESTUDO DE CASO..... | 57 |
| 5.1. A EMPRESA..... | 57 |
| 5.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TINTA <i>SPRAY</i> | 58 |
| 5.3. DEFINIÇÃO DOS PROJETOS..... | 60 |
| 5.4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PROJETO NA EMPRESA..... | 64 |
| 5.5. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO SOB MODELO PROPOSTO..... | 77 |
| 5.5.1. PRIMEIRA CATEGORIA..... | 77 |
| 5.5.2. SEGUNDA CATEGORIA..... | 78 |
| 5.5.3. TERCEIRA CATEGORIA..... | 78 |
| CONCLUSÃO..... | 85 |
| 6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 88 |
| REFERÊNCIAS..... | 90 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 01 – FLUXO SINCRONIZADO..... | 17 |
| FIGURA 02 – ANÁLISE DO GANHO BASEADA NA TOC..... | 28 |
| FIGURA 03 – DIAGRAMA DE KANO..... | 35 |
| FIGURA 04 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SEIS SIGMA..... | 38 |
| FIGURA 05 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SEIS SIGMA II..... | 39 |
| FIGURA 06 – ESQUEMA TEÓRICO DE IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA..... | 45 |
| FIGURA 07 – INTEGRAÇÃO DE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E SEIS SIGMA..... | 49 |
| FIGURA 08 – MODELO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA DE ACORDO COM A ABORDAGEM TOC..... | 53 |
| FIGURA 09 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TINTAS <i>SPRAY</i> | 59 |
| FIGURA 10 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SEIS SIGMA NA EMPRESA..... | 60 |
| FIGURA 11 – <i>LAYOUT</i> ATUAL DAS LINHAS DE ENVASE..... | 71 |
| FIGURA 12 – ALTERAÇÃO NO PROCESSO..... | 73 |
| FIGURA 13 – EXECUÇÃO DE <i>SETUP</i> | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 01 – DADOS DA EMPRESA 2CAMISAS..... | 22 |
| TABELA 02 – RESULTADO DO MIX DE VENDA COM O PRODUTO MAIS LUCRATIVO..... | 24 |
| TABELA 03 – RESULTADO DO MIX DE VENDA COM O PRODUTO MENOS LUCRATIVO..... | 24 |
| TABELA 04 – REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO CORTE CAMISAS PARA HOMEM..... | 25 |
| TABELA 05 – RESULTADOS REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE DE CAMISAS PARA HOMEM..... | 26 |
| TABELA 06 – REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE COSTURA DE CAMISA DE MULHER E AUMENTANDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE..... | 26 |
| TABELA 07 – RESULTADOS REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE COSTURA DE CAMISA DE MULHER E AUMENTANDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE..... | 27 |
| TABELA 08 – NÍVEL DE QUALIDADE DE PRODUTO FINAL..... | 32 |
| TABELA 09 – DADOS DO PROJETO SEIS SIGMA DA EMPRESA..... | 67 |
| TABELA 10 – PRODUÇÃO POR TURNO..... | 68 |
| TABELA 11 – PERDAS DE PRODUÇÃO..... | 69 |
| TABELA 12 – PROPOSTAS DE MELHORIA..... | 72 |
| TABELA 13 – CÁLCULO DE <i>SAVING</i> | 75 |
| TABELA 14 – CÁLCULO DO LUCRO DEPOIS DOS IMPOSTOS, TIR E <i>PAYBACK</i> | 76 |
| TABELA 15 – IMPACTO NA LUCRATIVIDADE ANTES DO PROJETO SS EM ANÁLISE..... | 80 |
| TABELA 16 – CÁLCULO DO GANHO NA VISÃO DA TOC DEPOIS DO SS E IMPLEMENTAÇÃO DE TODAS AS MELHORIAS..... | 81 |
| TABELA 17 – CÁLCULO DE VARIAÇÕES NO GANHO E NO LUCRO..... | 83 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 01 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E SEIS SIGMA..... | 51 |
| QUADRO 02 – SEQUENCIAMENTO DE FASES PARA SELEÇÃO DE PROJETOS..... | 61 |
| QUADRO 03 – INDICADORES, METAS..... | 62 |
| QUADRO 04 – INDICADORES, METAS, MEDIDA MÍNIMA..... | 63 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 01 – DESCENTRALIZAÇÃO DO PROCESSO..... | 32 |
| GRÁFICO 02 – PERDAS DE PRODUÇÃO..... | 70 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|-------|---|
| BOs | <i>Back Orders</i> |
| CTV | Custo Totalmente Variável |
| DMAIC | <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> |
| DO | Despesa Operacional |
| ECE | Efeito-Causa-Efeito |
| FMEA | Análise do Modo de Falha |
| G | Ganho |
| GTP | Ganho Total do produto |
| Gu | Ganho unitário |
| I | Investimento |
| LL | Lucro Líquido |
| MRP | <i>Material Requeriment Planning</i> |
| PBT | <i>Profit Before Tax</i> |
| PCP | Planejamento e Controle da Produção |
| Pv | Preço de venda |
| Q | Quantidade vendida no período |
| RNC | Relatório de não-conformidade |
| RRC | Recurso com restrição de capacidade |
| RSI | Retorno Sobre Investimento |
| SS | <i>Six Sigma</i> |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| TOC | <i>Theory of Constraints</i> |
| TPC | Tambor-Pulmão-Corda |
| TPM | Total Productivity Manufacturing |

1. INTRODUÇÃO

O interesse em pesquisar novas formas de se gerenciar as organizações vem se intensificando com o aumento crescente da competitividade, do nível de exigência dos consumidores e das rápidas mudanças permitidas pelo avanço tecnológico.

Assim, a busca por um melhor desempenho organizacional passa a ser um requerimento indispensável para operar em um ambiente de economia globalizada.

A aplicação de diversas filosofias de gerenciamento, propondo possibilidades de tornar as organizações mais competitivas, vem sendo cada vez mais necessária ao passo que o poder de negociação dos compradores, o poder de negociação dos fornecedores, a ameaça de novos concorrentes, a ameaça de substitutos e a intensidade da rivalidade se tornam mais acirrados (PORTER, 1999).

Torna-se fundamental, portanto, dispor-se de novas formas de se gerenciar as organizações, pois as empresas devem ser flexíveis para reagir com rapidez às mudanças competitivas e de mercado (PORTER, 1999).

Uma dessas filosofias de gerenciamento é a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), concebida por Eliyahu M. Goldratt, um físico israelense.

A TOC propõe uma nova maneira de se entender e gerenciar organizações, tendo como enfoque principal à maximização dos resultados operacionais e estratégicos da empresa, criando mecanismos para avaliar como as decisões de melhorias pontuais afetam o desempenho do sistema como um todo, sem visar, para tal, eficiências locais.

Por outro lado, os projetos Seis Sigma (SS) vêm sendo, nos últimos anos, cada vez mais incorporados às organizações. O SS é um processo de negócio

que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros (HARRY *et al.*, 1998).

No entanto, faz-se necessária uma discussão para definir até que ponto as metodologias de implementação de projetos SS são capazes de medir o impacto que reduções de variabilidades locais têm no desempenho global da organização e, em última instância, em sua lucratividade.

Muitas organizações que aplicam projetos SS se empenham em identificar e calcular os benefícios potencialmente advindos deste tipo de projeto. Estes benefícios, geralmente, estão voltados às eliminações de desperdícios que, em última análise, refletem-se em reduções dos custos organizacionais. Este é um processo complexo, especialmente quando estão envolvidas diversas etapas interdependentes, dentre as quais, a identificação da restrição, etapa fundamental segundo a abordagem TOC, nem sempre é a principal preocupação.

A TOC, por outro lado, a partir de sua visão sistêmica, visa identificar iniciativas de melhoria com foco no aumento do ganho da empresa, e não na redução de custos/desperdícios.

Para Ehie e Sheu (2005), a idéia principal da TOC é que toda organização tem uma restrição que a impede de alcançar um melhor desempenho em termos de sua meta, sendo que as restrições podem ser alguns poucos recursos físicos restritivos ou políticas errôneas adotadas.

O direcionamento dos gestores em projetos de curto prazo e maximização de resultados operacionais e estratégicos são fatores ligados a este processo. A definição dos projetos, muitas vezes, tem sido apontada como um dos fatores que impedem ou aceleram a obtenção de um melhor desempenho.

1.1. OBJETIVO

Analisar e selecionar os projetos SS sob a ótica da viabilidade econômica,

segundo a perspectiva da TOC, é a finalidade deste trabalho. Espera-se que com a proposta que aqui será apresentada se possa auxiliar as empresas na busca por um melhor desempenho e na obtenção de um maior poder de competitividade.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

As mudanças no ambiente trazem desafios, oportunidades e ameaças para os negócios da empresa. Globalização viabilizando mais importações e exportações, maiores exigências dos requisitos de qualidade, custo e disponibilidade pelos clientes, etc., tudo tem modificado as contingências de operação das empresas e tem requerido delas uma revisão de seus processos, redução de seus custos e a busca de um equilíbrio nas margens de lucro para garantir sua sobrevivência e crescimento.

Nesta busca pela melhoria contínua e maximização de resultados é indispensável a utilização de um conjunto de ferramentas avançadas de entendimento e resolução de problemas.

Neste sentido, pode ser citada a utilização da metodologia Seis Sigma, pois esta reúne um grande número de ferramentas tais como: Análise de Causa e Efeito, Cartas de Controle, Delineamento de Experimentos, FMEA (Análise do Modo de Falha), Prática 5S, QFD (Desdobramento da Função Qualidade), entre outras.

Uma dificuldade encontrada com a utilização destas ferramentas refere-se a como mensurar o impacto que estas podem trazer no ganho organizacional, o qual será mais bem definido oportunamente neste trabalho, mas que a princípio pode ser aqui definido como a taxa de geração de dinheiro (ou de unidades de medida da meta organizacional). Uma característica da aplicação destas ferramentas é que seus resultados são geralmente medidos em termos de reduções de custos eventualmente alcançadas.

Assim, as questões para as quais este estudo buscou respostas foram:

- a) Projetos Seis Sigma podem proporcionar maiores contribuições aos resultados da empresa se justificados e definidos de acordo com o impacto na rentabilidade da organização como um todo medido segundo os indicadores propostos pela TOC?
- b) Como a aplicação destes projetos pode proporcionar maiores contribuições aos resultados da empresa?
- c) Quais os benefícios da integração do SS e TOC?

Desta forma, o pressuposto básico adotado é o questionamento da seleção de projetos SS e seu impacto no resultado global.

Poucos trabalhos foram desenvolvidos nesta linha de pensamento de integração dos programas SS e TOC, sendo assim, espera-se com esta pesquisa poder contribuir com a Engenharia de Produção, em particular com as abordagens SS e TOC, no que se refere à seleção de projetos de melhoria de processos.

1.3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este tópico tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos utilizados para o levantamento de dados sobre Seis Sigma e Teoria das Restrições e proposição de um modelo de integração destas duas abordagens. Vernadat (1996) apresenta duas definições para modelo:

- a) Mesmo sendo complexo e sofisticado, um modelo é sempre uma abstração da realidade que filtra detalhes irrelevantes e descreve características essenciais desta realidade para algum propósito.
- b) Um modelo é uma representação de uma matéria, objeto ou assunto. É uma (mais ou menos formal) abstração da realidade expressa em termos de algum formalismo (linguagem) definido por construtores de modelagem para o propósito do usuário.

Ruiz (1996) define pesquisa como um trabalho de investigação estruturado em acordo com os métodos científicos. Gil (2002) complementa esta visão afirmando que pesquisa é um procedimento sistemático e racional para desenvolver respostas a problemas propostos. Ela tem por origem a) a insuficiência de informações para responder aos problemas ou b) a necessidade de melhor ordenamento sobre as informações disponíveis. A origem do presente trabalho se caracteriza pela insuficiência de informações para responder ao problema proposto.

A finalidade da pesquisa pode ter diversas classificações. Markoni e Lakatos (2002) destacam cinco. A saber:

- Finalidade pura. Permite que sejam elaborados estudos mais aprimorados sobre problemas e fenômenos.
- Finalidade prática. Usada em situações nas quais a pesquisa é aplicada para fins práticos.
- Pesquisa por familiaridade. Estuda fenômenos para formular hipótese ou problemas sobre eles.
- Pesquisa por exatidão. Empregada na compreensão sobre as características de grupos, indivíduos ou situações.
- Pesquisas por análises. Estuda hipóteses causais.

De acordo com Ruiz (1996) e Markoni e Lakatos (2002), a natureza da pesquisa pode ser tipificada de duas formas. Quando determinada a promover o progresso científico e estruturar modelos teóricos, a pesquisa é básica ou teórica. Por outro lado, a busca pela comprovação de modelos teóricos ou o emprego dos resultados na solução de problemas reais torna a pesquisa aplicada. Considerando que o resultado deste trabalho visa a contribuir para a melhoria de uma ferramenta de gestão utilizada no mundo real das organizações, a pesquisa é de natureza aplicada.

As pesquisas também são caracterizadas segundo seus objetivos gerais. Gil

(2002) estabelece três grupos: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas. No que diz respeito às pesquisas exploratórias, o objetivo consiste no refinamento de idéias e envolve métodos como o levantamento bibliográfico. As pesquisas descritivas descrevem características de determinada população ou fenômeno ou, ainda, o estabelecimento de relações entre variáveis. Normalmente, são empregadas por pesquisadores sociais, solicitadas por organizações e instituições educacionais, por exemplo.

A preocupação em identificar fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de fenômenos é traço marcante nas pesquisas explicativas. Nas ciências sociais há uma grande dificuldade na utilização do método explicativo. Em alguns casos, os pesquisadores precisam recorrer a outros métodos tais como o observacional. Evidentemente, o fato de este trabalho enfatizar o aprimoramento do conhecimento sobre a Gestão da Demanda bem como a utilização de levantamento bibliográfico coloca-o no grupo das pesquisas exploratórias.

No que diz respeito ao aspecto prático da pesquisa, as técnicas empregadas em sua elaboração são divididas em cinco categorias: documentação indireta, pesquisa bibliográfica, documentação direta, observação direta intensiva, observação direta extensiva e outras. Considerando as definições de Markoni e Lakatos (2002), a técnica de pesquisa mais apropriada para este trabalho é a pesquisa bibliográfica. As justificativas consistem em três aspectos:

- além de colocar o pesquisador em contato com diversas teorias que estudam o assunto, a pesquisa bibliográfica abrange toda a bibliografia já publicada sobre o tema;
- permite explorar áreas do conhecimento em que os problemas não estão suficientemente consolidados;
- não é mera repetição do que já foi descoberto, pois propicia a oportunidade de tratar um tema sob novo enfoque ou abordagem chegando a conclusões inovadoras.

Oliveira (1998) classifica a abordagem da pesquisa em dois tipos, são eles: abordagem quantitativa e abordagem qualitativa. Na abordagem quantitativa é necessário quantificar opiniões, dados, nas formas de coletas informações. Além disso, empregam-se recursos e técnicas estatísticas. No que diz respeito a abordagem qualitativa, não se tem por pretensão numerar ou medir unidades.

Não se empregam dados estatísticos para formulação da resposta de um problema. Este trabalho, portanto, usa a abordagem qualitativa, pois se propõe a tratar a hipótese sobre um problema sem a aplicação de técnicas e métodos estatísticos.

Por fim, no que diz respeito ao método científico empregado, este trabalho se utiliza do método hipotético-dedutivo. De acordo com Markoni e Lakatos (2002), este método parte de um problema para o qual uma solução provisória (a hipótese) é oferecida. O teste da solução poderá comprová-la ou refutá-la.

De acordo com Berto e Nakano (2000), o desenvolvimento teórico pode ser resultado de análises, discussões conceituais da literatura e revisões bibliográficas. Neste aspecto os modelos conceituais resultam em novas teorias, como é o caso aqui tratado.

A integração das abordagens adotadas na pesquisa passou por uma discussão sobre a confluência de ambas e é apresentada no capítulo 6.

Para ilustração da proposta, foi utilizado um estudo de caso desenvolvido em uma empresa fabricante de tintas *spray*. O objetivo deste estudo de caso é retratar um projeto SS, que não contemplou a proposta desta pesquisa, para possibilitar, na forma de “o que aconteceria se...”, uma comparação em termos de potenciais resultados que o modelo proposto poderia trazer.

Mattar (1996) descreve que o objetivo do estudo de caso é aprofundar o conhecimento acerca de um problema que ainda não foi totalmente definido, bem como proporcionar o entendimento, gerar questões e desenvolver a teoria.

Um dos objetivos do estudo de caso é tentar demonstrar o motivo da tomada

de uma ou mais decisões, suas implementações e resultados (YIN, 2001).

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atender os objetivos colocados, este trabalho está estruturado em oito capítulos.

O capítulo 1 é dedicado à introdução ao trabalho, com o intuito de apresentar os objetivos propostos e posicioná-lo diante da necessidade de novas formas de gerenciar organizações. Este capítulo visa também retratar, de forma clara e objetiva, o problema de pesquisa a que este trabalho se refere, apresentando a metodologia de pesquisa utilizada e sua classificação.

O capítulo 2 trata da definição da Teoria das Restrições, surgimento da teoria, seus objetivos, estrutura e passos de implementação, mudança de paradigma, vantagens e desvantagens. Também, é apresentado um exemplo de aplicação da abordagem para verificação de suas proposições em relação ao desempenho global da organização.

O capítulo 3 trata da definição de Seis Sigma, surgimento da abordagem, estrutura e passos de implementação, processo de seleção dos projetos, metodologia de aplicação, mudança de paradigma, vantagens e desvantagens.

O capítulo 4 apresenta o modelo de integração dos aspectos de gestão da Teoria das Restrições e de engenharia do Seis Sigma, desenvolvido por Ehie e Sheu (2005), bem como a apresentação de um comparativo entre as abordagens. Na seqüência, é apresentada a proposta de integração entre Teoria das Restrições e Seis Sigma, principal contribuição desta dissertação de mestrado.

O capítulo 5 traz um estudo de caso de aplicação de projeto Seis Sigma sem a abordagem da Teoria das Restrições. Neste capítulo, faz-se uma simulação, na forma de “o que aconteceria se...”, da aplicação do modelo aqui proposto.

O capítulo 6 faz a conclusão, descrevendo os resultados e análises realizadas

neste trabalho, e proposição para trabalhos futuros.

2. TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A Teoria das Restrições foi desenvolvida por Eliyahu M. Goldratt durante os anos oitenta (MCMULLEN, 1998).

Goldratt não conhecia nada de administração, porém, utilizou métodos de solução de problemas aprendidos na Física para resolver problemas de logística de produção (CORBETT, 2005).

No livro *A meta* (GOLDRATT e COX, 1992), as idéias da TOC são propostas para a resolução de um problema de produção em uma empresa, na qual o gerente precisa melhorar o desempenho da fábrica para evitar atrasos e consequentemente aumentar os ganhos.

De acordo com Goldratt & Cox (1992), a Teoria das Restrições está baseada no princípio que a meta de qualquer empreendimento econômico é gerar dinheiro agora e no futuro, e que as restrições de um sistema determinam sua capacidade de ganhar dinheiro.

Cox III e Spencer (2002) dividem a Teoria das Restrições em três grupos de conceitos. A saber:

1. Logística

Neste ramo, são tratadas a metodologia tambor-pulmão-corda, o gerenciamento de pulmões e as estruturas lógicas de análise. Atualmente a TOC dispõe também de outras metodologias, como as voltadas à gestão de projetos, de materiais e distribuição de bens de consumo, não mencionadas pelos autores.

2. Processo de Focalização

Consiste no conjunto de cinco etapas para gerenciamento das restrições, no conjunto de indicadores de desempenho do sistema, aplicação dos conceitos

de ganho e nas decisões relativas à Produção.

3. Solução de Problemas

Neste terceiro ramo, focaliza-se o processamento de pensamento que consiste no diagrama ECE (Efeito-Causa-Efeito), o processo de auditoria ECE e a metodologia de “dispersão de nuvens”.

Hobbs Jr (1997) afirma que a premissa da TOC para aperfeiçoar um processo é que, primeiramente, o gestor deve identificar o elemento do processo que limita sua capacidade global, tornando-o uma restrição, esta restrição a impede de alcançar um melhor desempenho em relação a sua meta.

Na TOC, uma restrição está definida como qualquer coisa que impede o sistema de alcançar maior desempenho em relação aos seus objetivos (UMBLE, 2007).

Restrições podem ser recursos físicos ou políticas, sendo assim, muitas empresas se interessaram pelas idéias propostas pela TOC para resolução de problemas de logística de produção, de logística de distribuição, finanças e gerenciamento de projetos.

Segundo Chakravorty & Atwater (1994), as restrições podem assumir muitas formas. A restrição primária para um produto pode ser a falta de um material; para outro a falta de demanda pelo mercado e, para outro ainda, um recurso interno com falta de capacidade.

Restrições podem apresentar de diversas formas dentro da organização. Os elementos que podem ser caracterizados como restrições são apresentados por Mabin e Balderstone (2003):

- Restrições Físicas: Este conjunto de restrições diz respeito aos elementos físicos que comprometem a capacidade de processamento do sistema produtivo. A capacidade limitada de uma máquina, a falta de pedidos ou a indisponibilidade de matéria-prima são exemplos de restrições físicas.

- Restrições Políticas: As restrições de ordem política consistem nas práticas organizacionais. Especialmente nas situações em que o ambiente de negócios sofre mudanças e as políticas internas da empresa permanecem inalteradas. Geralmente, os métodos de gestão exercidos nas organizações são uma das restrições políticas mais significantes.

- Restrições Comportamentais: Este tipo de restrição é mais visível quando mesmo depois das mudanças, os indicadores de desempenho e as políticas que influenciam o comportamento ainda estão em fase de consolidação, pois os velhos hábitos são difíceis de serem abandonados.

De acordo com Cox & Spencer (1995), a TOC requer atenção da administração na restrição da operação. De fato, a TOC foca na restrição que pode não ser um centro de trabalho, mas uma política de administração ou procedimento. O mercado pode se tornar uma restrição se ele não proporcionar a demanda desejada por um dado produto ou serviço, criando, assim, uma ociosidade nos recursos disponíveis.

“A idéia fundamental na TOC é que todo sistema é tangível, tal como um empreendimento com fins lucrativos, deve ter pelo menos uma restrição. Se isso não fosse verdade, o sistema iria então produzir uma quantidade infinita do que almeja” (NOREEN *et al.*, 1996).

Simatupang e Hurley (1997) descrevem que a TOC – *Theory of Constraints* utiliza um conjunto de ferramentas que auxiliam os gestores a aumentar o conhecimento e compreensão das questões críticas sobre os sistemas, pois qualquer questionamento apóia-se em idéias, pensamentos organizados, metodologia e área de aplicação, a qual “enxerga” as organizações como sistemas de processos que funcionam unidos. Dentro destes sistemas existem restrições que os limitam de alcançarem níveis avançados de desempenho.

Para exemplificar, Moore e Scheinkopf (1998) utilizam-se de uma analogia para demonstrar que a organização pode ser entendida como uma corrente, na qual seus elos são os processos.

De acordo com esta analogia existe uma dependência e uma interdependência dos elos formando uma corrente. Desta forma, a organização consegue gerir todo o sistema atuando em um ou em poucos elos restritivos ao sistema que são considerados mais fracos para alcançar os resultados esperados pela organização (MOORE e SCHEINKOPF, 1998).

Para a TOC, a ausência de uma visão sistêmica com foco na restrição organizacional pode levar a melhorias sem nenhum impacto global perceptível, ao menos no curto prazo.

A TOC apresenta, de forma clara, as definições de como os gestores de organizações podem alcançar os resultados esperados de quaisquer sistemas dependentes (RIPPENHAGEN, 2002).

A maximização dos ganhos com a TOC pode ser determinada com a utilização da programação linear, que avalia uma série de rotas opcionais para os processos (LEE e PLENERT, 1993).

Segundo Corbett (2005), no processo de raciocínio da TOC existem poucas causas para muitos sintomas.

A TOC tem o foco principal nos sistemas de planejamento e desenho da produção para aumentar a eficiência da organização a respeito das oportunidades e exigências do mercado (RIEZEBOS *et al.*, 2003).

Goldratt e Cox III (1997) prescreveram cinco passos que focalizam o processo de otimização contínua da TOC:

1. Identificar a restrição do sistema

A restrição pode ser identificada por vários métodos: a quantidade de trabalho em fila à frente de uma operação de processo é um indicador clássico no caso de haver uma restrição de capacidade de produção. Restrições políticas são mais difíceis de serem identificadas e o são, geralmente, a partir da aplicação dos processos de raciocínio da TOC.

2. Decidir como explorar a restrição do sistema

Uma vez identificada a restrição, o processo deve ser melhorado para alcançar sua capacidade extrema sem maior custo, atualizações ou mudanças. Em outras palavras, a restrição é explorada. Explorar aqui implica em garantir que a restrição não será desperdiçada em termos do que importa para o alcance da meta da empresa. No caso de restrições políticas, tal passo não faz sentido, já que uma política errônea deve ser substituída por outra, e não explorada.

3. Subordinar tudo às decisões anteriores

Quando o processo restritivo está trabalhando na sua capacidade máxima, as velocidades de outros processos (não-restritivos) devem ficar subordinadas à velocidade ou capacidade da restrição. Alguns processos sacrificarão a produtividade individual para o benefício de todo o sistema. Importa salientar aqui que, segundo este passo, o desempenho individual dos recursos organizacionais não-restritivos não devem ser medidos e avaliados segundo um desempenho comparado com sua capacidade máxima, mas sim, de acordo com o grau da satisfação das necessidades da restrição. Eficiência de recursos não-restritivos (e a imensa maioria, se não todos, dos recursos organizacionais são não-restritivos), como medida de otimização da utilização de um recurso, não faz sentido ser aplicado ao se seguir este passo.

4. Elevar (conseguir mais) a restrição do sistema

Este passo envolve investimentos para se obter um aumento na capacidade da restrição. Se o segundo passo tem como objetivo garantir que a restrição não seja desperdiçada, ou seja, aumenta-se a capacidade da restrição apenas melhorando a forma como esta é gerenciada, o quarto passo tem como objetivo alcançar ganhos adicionais de capacidade pela via de investimentos em mais capacidade para a restrição.

5. Se a restrição for quebrada na etapa anterior, volte à etapa 1, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição

Se nos passos anteriores a restrição inicial deixou de existir, deve-se repetir o ciclo de melhoria. O desempenho de todo sistema é reavaliado, procurando uma nova restrição, explorando, subordinando e elevando. O aviso em relação à inércia serve para alertar os gestores que as políticas, procedimentos e medidas adotadas anteriormente, as quais faziam sentido quando o sistema possuía outra restrição, agora devem ser reavaliadas e, provavelmente, substituídas por outras.

Nenhum processo ou política será sempre correto, apropriado todo o tempo e em todas as situações, por isso é necessário que as organizações reconheçam como as mudanças no ambiente empresarial e suas políticas deverão ser refinadas para se dar conta destas mudanças (RAHMAN, 2002).

A TOC focaliza o gerenciamento das restrições. Suas suposições enfatizam a velocidade e o volume, usando os sistemas existentes e a interdependência dos processos.

Vale lembrar que sistema é um todo complexo ou organizado; é um conjunto de partes ou elementos que forma um todo unitário ou complexo (MAXIMIANO, 2005).

De acordo com Nave (2002), o foco da TOC é a melhoria do sistema, cujo sistema é definido pelo autor como uma série de processos interdependentes. Os processos, por sua vez, são interligados, nos quais a saída de um dado processo é a entrada de outro. As entradas (*inputs*) são os elementos ou recursos físicos e abstratos de que o sistema é feito. As saídas (*output*) são os resultados do sistema, os objetivos que o sistema pretende atingir ou efetivamente atinge.

2.1. TAMBOR-PULMÃO-CORDA

Para Moore e Sheinkopf (1998), uma das ferramentas usadas pela TOC para administrar a produção é o método tambor-pulmão-corda (TPC).

O TPC é um sistema de puxar a programação baseado na liberação de

material assim que houver um sinal do gargalo. O TPC tradicional modela as ordens de liberações sincronizadas com a taxa de produção do recurso de menor capacidade. A figura 4 exemplifica a aplicação do tambor-pulmão-corda.

Reizebos *et al.* (2003) e Schragenheim e Dettmer (2001) explicam que, o “tambor” da abordagem TPC era considerado o recurso com restrição de capacidade restritiva (RRC). Porém, ele se transformou na programação do RRC. O tambor determina a sincronização entre a restrição e os outros recursos não-restritivos. Este processo transforma-se em uma corrente de dependência e protege o processo de sobrecargas ou interrupções no fluxo de trabalho.

Quando o RRC possui suficiente capacidade protetiva em relação à demanda, os pedidos de venda executam o papel de tambor para todo o sistema produtivo (SCHARAGENHEIM e DETTMER, 2001).

O “pulmão” é um mecanismo de proteção contra o desperdício de capacidade do RRC. Esta proteção ocorre na medida em que um pulmão de trabalho é posicionado à frente do RRC para mantê-lo sempre ativo. Na programação TPC, o pulmão está mais relacionado a tempo do que a materiais em processo. Até mesmo nos ambientes em que se usa pulmão de itens, a produção dos materiais é planejada para ocorrer antes do início das operações do RRC, portanto, o ponto central é o tempo (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2001).

Por fim, de acordo com as definições de Rahman (1998) e Reizebos *et al.* (2003), a “corda” consiste em um mecanismo de comunicação.

Posicionada entre o RRC e o ponto de entrada de materiais no sistema produtivo, a corda tem o papel de regular a liberação os materiais atuando como uma espécie de tensor. Quando a corda está totalmente esticada, o sistema está protegido, uma vez que o pulmão entre a restrição e o ponto de entrada de materiais está completo.

Além disso, a entrada de materiais está ativa e o fluxo na direção da restrição não corre o risco de ser interrompido. Em situações que a corda está frouxa, o

sistema corre riscos justamente porque os mecanismos de proteção estão comprometidos.

Por outro lado, o fluxo de materiais na direção da restrição está lento e pode ser interrompido. Schragenheim e Dettmer (2001) complementam esta definição afirmando que os materiais são liberados no mesmo ritmo de operação do RRC, porém, com um pulmão de tempo de antecedência em relação às necessidades estabelecidas no tambor. Portanto, em algumas circunstâncias, os materiais ficam retidos nos pontos de entrada para evitar sobrecargas no RRC.

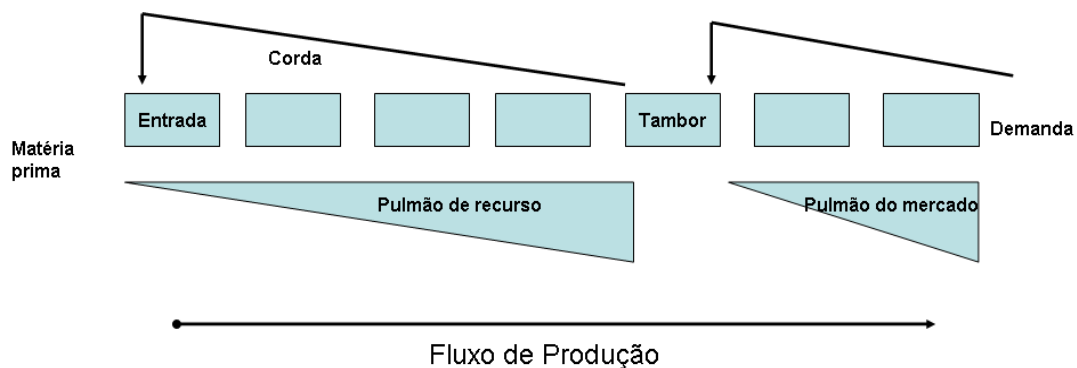


FIGURA 1: FLUXO SINCRONIZADO.

FONTE: MOORE e SHEINKOPF (1998, p.12).

Um ponto importante a observar na TOC, é que ela focaliza o ganho global para organização, sendo assim, nem toda melhoria local necessariamente proporcionará um ganho no sistema como um todo. Isto retrata que toda organização tem uma finalidade e que algumas coisas (as restrições) determinam o desempenho do sistema em termos desta finalidade.

Nesta direção, fica claro que, antes de definir qualquer melhoria no sistema, necessita-se, inicialmente, definir a meta global para que finalmente se possa analisar o impacto global desta melhoria (GOLDRATT 1989).

Umble (2006), retrata a TOC como uma grande gama de conhecimentos aplicada às estratégias de operações, medidas de desempenho e ferramentas de raciocínio. A TOC propõe também medidas de desempenho denominadas

de ganho, inventário e despesa operacional.

Algumas medidas de desempenho utilizadas pela TOC, segundo Dettmer (1998), são:

1. Ganho
2. Inventário
3. Despesa Operacional
4. Ganho/Unidade no tempo do recurso restritivo
5. Tempo no Pulmão
6. Tempo de Ciclo de Produção

2.2. A CONTABILIDADE GERENCIAL DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Os gerentes necessitam de boas informações para a tomada de decisões e a TOC oferece medidas que auxiliam neste processo. Para a TOC o papel da contabilidade deveria ser a conexão de ações locais dos gerentes e a lucratividade da empresa.

Segundo Gupta (2002) a meta da empresa é ganhar mais dinheiro, e para isto a TOC utiliza a junção de três medidas simples de desempenho: Ganho, Inventário e Despesa Operacional.

Estas medidas têm natureza financeira e podem ser traduzidas em Lucro Líquido e Investimentos e elas têm sua aplicação em qualquer nível da empresa e asseguram as decisões alinhadas com a meta de ganho da empresa, bem como a viabilização de detalhes e relação entre as medidas.

Sob a perspectiva da TOC, descrita por Goldratt e Cox (2002), Schragenheim e Dettmer (2001) e Goldratt (1991), toda a decisão deve ser tomada buscando-se responder qual impacto esta terá sobre as medidas Ganho, Investimento e Despesas Operacionais do sistema como um todo. Se a meta é “ganhar dinheiro hoje e sempre”, deve-se sempre buscar aumentos de ganho. Os autores enfatizam que o Ganho desempenha um papel fundamental , torna-se

a medida principal. Segundo eles, programas de melhorias que visem reduções de custos (Despesas Operacionais) têm um limite prático e teórico que bloqueia um verdadeiro processo de melhoria contínua, pois, quando os custos se aproximam do zero, a empresa já não mais existe.

Em outras palavras, é sempre muito difícil saber até que ponto uma redução na Despesa Operacional não será feita à custa de reduções no Ganho da empresa.

Como visto na introdução deste capítulo, algumas medidas de desempenho utilizadas pela TOC são o ganho, inventário e despesa operacional. Para a TOC, elas são importantes para que os gestores possam avaliar se a empresa está no caminho da meta traçada.

A meta da TOC é incrementar o ganho mantendo quantidades mínimas de inventario e reduzindo a despesa operacional (RIPPENHAGEN, 2002).

Analisando as margens de lucro em dados produtos, identificam-se as maiores margens e priorizam elas e os produtos de menores margens são postergados. Isto se faz para obter um maior ganho. O incremento de ganho é calculado sob a ótica da TOC subtraindo o valor das matérias-primas da receita das vendas e não é considerada a mão-de-obra e nem *overhead* (custo indireto apropriado ao produto, tendo como critério de rateio a mão-de-obra produtiva) no custo, pois ambos são considerados como custos não totalmente variáveis na TOC (COX e SPENCER, 1995).

Um aspecto importante da TOC em busca da melhoria contínua, que a difere de outras abordagens, é que a TOC não focaliza a redução de custo, ao invés disto, procura gerar um ganho crescente, pois, debaixo deste ganho crescente está o dinheiro gerado pelo sistema via vendas. Isto é, o valor do ganho é dado pelo preço de venda menos o valor da matéria-prima, que representa o ganho do sistema gerado pelo produto e este esforço em busca do ganho é contínuo na TOC (CHAKRAVORTY e ATWATER, 1994).

Quando o ganho é aumentado sem o inventário e despesa operacional, o lucro

líquido e o retorno sobre o investimento aumentam simultaneamente (SPECTOR, 2006).

Corbett (2005) afirma que a definição da meta global do sistema apontará quais medidas vão permitir a avaliação de qualquer ação local nesta meta para que seja alcançada a rentabilidade do capital ao acionista. Neste caso, a TOC apresenta três medidas para fazer a ligação entre o lucro e o Retorno sobre o investimento. As medidas são (CORBETT, 2005):

1. Ganho (G)

Dinheiro gerado pelas vendas. Todo dinheiro que entra na empresa menos o que foi pago aos fornecedores é considerado ganho, ou seja, apenas o dinheiro gerado pela própria empresa. Ganho de um produto, portanto, seu preço de venda menos custos totalmente variáveis (CTV).

Corbett (2005) apresenta as fórmulas para calcular o ganho.

Ganho unitário (Gu) = Preço de venda (Pv) – Custo Totalmente Variável (CTV)

$$\mathbf{Gu = Pv - CTV}$$

Ganho Total do produto (GTp) = Ganho unitário (Gu) X quantidade vendida no período (q)

$$\mathbf{GTp = Gu X q}$$

Então, o Ganho Total da Empresa é dado pela somatória dos ganhos totais dos produtos = $\sum \mathbf{GTp}$

Goldratt (1992) descreve que, muitos gerentes de produção pensam que se produzirem algo, este algo deverá ser chamado de ganho, porém, é apenas uma manobra interna de dinheiro e não pode ser chamada de ganho, para o autor o ganho é realizado através das vendas.

2. Investimento (I)

Dinheiro gasto na compra de coisas que podem ser vendidas no futuro. Estoques de matérias-primas, produtos em processo, produtos acabados e os ativos são considerados investimentos, porém os estoques impactam significativamente na competitividade da empresa e necessitam de uma atenção especial.

Nenhum valor é acrescentado aos produtos acabados que estão estocados, ou seja, o sistema não acrescenta valor nem mesmo de mão-de-obra, apenas o preço pago aos fornecedores pelo material e peças compradas utilizadas nos produtos estocados (GOLDRATT, 1992).

3. Despesa Operacional (DO)

Dinheiro gasto na transformação do investimento em ganho. A Despesa Operacional apresenta os custos não totalmente variáveis, pois independem da variação no volume de produção. Faz parte da DO os custos com mão-de-obra direta, salários, aluguéis, energia, encargos sociais, depreciações etc.

Outro fator importante é de que, investimento gera depreciação e esta depreciação também é considerada DO.

Estas medidas devem ser basicamente financeiras para o balizamento da empresa na direção correta. É importante destacar que, para se falar em ganho, é necessário analisar a receita advinda das vendas e os custos totalmente variáveis CTVs. Os CTVs envolvidos têm relação direta com cada unidade vendida pela empresa.

Um custo somente é considerado CTV se este tiver variação diretamente proporcional ao volume de produção, sendo assim, será subtraído do preço de venda do produto para que se possa calcular o ganho unitário.

Ressalta-se, no entanto, que a busca por aumentos sucessivos de Ganho como medida principal implica em se ter uma política que possibilite o atendimento pleno a demanda atual (garantindo o Ganho atual) e ofereça um pacote de serviços e produtos que traga novos mercados para a empresa

(aumentando o ganho futuro).

Para a apresentação da comparação entre a TOC e a Contabilidade Tradicional, será utilizada uma empresa fictícia chamada 2Camisas, adaptado de Corbett (2005) demonstrando a aplicação do conceito da TOC e comparando com a contabilidade de custo tradicional, a qual utiliza dois recursos, um que corta o tecido e outro que costura, produzindo camisas para mulheres e homens.

Cada recurso está disponível 2.400 minutos por semana. O objetivo é encontrar o máximo lucro que esta empresa é capaz de gerar. Seguem os dados na Tabela 1.

TABELA 1- DADOS DA EMPRESA 2CAMISAS

| EMPRESA 2CAMISAS | | |
|--|-----------------|---------------|
| | MULHERES | HOMENS |
| Demanda Semanal (Unidades) | 120 | 120 |
| Preço Unitário (R\$) | 105,00 | 100,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 45,00 | 50,00 |
| Tempo de Corte (Minutos) | 2,0 | 10,0 |
| Tempo de Costura (Minutos) | 15,0 | 10,0 |
| Tempo Total de Processo (Minutos) | 17,0 | 20,0 |
| Número de Operadores | 1 | 1 |
| Despesa Operacional Semanal (R\$) | 10.500,00 | 10.500,00 |
| Capacidade Exigida Máquina de Corte (Minutos) | 240,0 | 1.200,0 |
| Capacidade Exigida Máquina de Costura (Minutos) | 1.800,0 | 1.200,0 |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

A demanda tanto para camisas de homens como de mulheres é de 120 unidades por semana, sendo que o preço de venda é de R\$ 100,00 e R\$ 105,00 respectivamente.

A partir destes dados, pode-se verificar que a capacidade necessária de cada recurso para atender a demanda semanal será:

1. Máquina de corte = 1.440 minutos
2. Máquina de costura = 3.000 minutos

Como cada recurso está disponível apenas 2.400 minutos por semana, fica claro de a máquina de costurar não tem capacidade suficiente para atender toda a demanda. Necessita-se, portanto, decidir pelo melhor *mix* de produção.

Para tanto, primeiramente, será utilizado o processo de tomada de decisão da contabilidade de custos para definir qual o *mix* de venda, ou seja, famílias ou subfamílias de produtos, cuja sua função é responder a uma necessidade global e idêntica de vários consumidores que maximiza a lucratividade.

Analisando os dados na Tabela 1, pode-se perceber que a camisa de mulher tem o maior preço de venda, o menor custo de matéria-prima e o menor tempo de processamento, logo, segundo qualquer metodologia de cálculo do custo do produto, a camisa de mulher é o melhor produto. A empresa não tem capacidade de produzir a demanda total, pois máquina de costura não tem a capacidade suficiente.

Neste caso, será atendida a demanda de camisas de mulher e será utilizado o restante da capacidade da máquina de costura para produzir camisas de homem.

Como resultado, a empresa obtém um lucro negativo de R\$ 300,00 (Tabela 2).

TABELA 2- RESULTADO DO MIX DE VENDA COM O PRODUTO MAIS LUCRATIVO

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Vendas (R\$) | 18.600,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 8.400,00 |
| Ganho (R\$) | 10.200,00 |
| Despesa Operacional (R\$) | 10.500,00 |
| | |
| Lucro (R\$) | (300,00) |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

No entanto, ao se optar por atender a demanda de camisas de homem, que é aparentemente, menos rentável e somente depois produzir as camisas de mulher, obtém-se um lucro positivo de R\$ 300,00 (Tabela 3).

TABELA 3- RESULTADO DO MIX DE VENDA COM O PRODUTO MENOS LUCRATIVO

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Vendas (R\$) | 20.400,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 9.600,00 |
| Ganho (R\$) | 10.800,00 |
| Despesa Operacional (R\$) | 10.500,00 |
| | |
| Lucro (R\$) | 300,00 |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

Neste sentido, pode-se perceber que a contabilidade de custos não proporcionou informações corretas que impactassem positivamente o lucro da empresa, pois, na simulação, foi aumentada a produção do produto menos rentável e a o resultado foi o aumento da lucratividade.

Corbett (2005) descreve que a contabilidade de custos visualiza a redução do custo dos produtos, quanto menor o custo do produto, maior o lucro da empresa.

O custo do produto é formado pelo consumo de recursos, ou seja, para se reduzir o custo, basta reduzir seu tempo no processo.

Corbett (2005) analisa também investir R\$100,00 para reduzir de 10 a 8 minutos o tempo da camisa de homens na máquina de cortar (Tabela 4).

Desta forma, como o custo do produto é resultado da utilização que o produto faz dos recursos da empresa, esta decisão reduz o custo da camisa de homem e deveria aumentar o lucro da empresa.

TABELA 4- REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO CORTE CAMISAS PARA HOMEM

| EMPRESA 2CAMISAS | | |
|--|-----------------|---------------|
| | MULHERES | HOMENS |
| Demanda Semanal (Unidades) | 120 | 60 |
| Preço Unitário (R\$) | 105,00 | 100,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 45,00 | 50,00 |
| Tempo de Corte (Minutos) | 2,0 | 8,0 |
| Tempo de Costura (Minutos) | 15,0 | 10,0 |
| Tempo Total de Processo (Minutos) | 17,0 | 20,0 |
| Número de Operadores | 1 | 1 |
| Despesa Operacional Semanal (R\$) | 10.500,00 | 10.500,00 |
| Capacidade Exigida Máquina de Corte (Minutos) | 240,0 | 480,0 |
| Capacidade Exigida Máquina de Costura (Minutos) | 1.800,0 | 600,0 |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

A Tabela 5 apresenta o resultado da redução do tempo de processo de corte de camisas para homem. Nota-se que o lucro continua negativo em R\$ 300,00, pois:

- As vendas não aumentaram.
- Foi necessário executar um investimento.

TABELA 5- RESULTADO, REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE DE CAMISAS PARA HOMEM

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Vendas (R\$) | 18.600,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 8.400,00 |
| Ganho (R\$) | 10.200,00 |
| Despesa Operacional (R\$) | 10.500,00 |
| | |
| Lucro (R\$) | (300,00) |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

O autor simula o impacto de outra decisão (Tabela 6):

- Investir R\$1.000,00 para reduzir em 1 minuto o tempo da camisa de mulher na máquina de costurar.
- Aumentar em 3 minutos o tempo na máquina de cortar.

TABELA 6- REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE COSTURA DE CAMISA DE MULHER E AUMENTANDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE.

| EMPRESA 2CAMISAS | | |
|--|-----------------|---------------|
| | MULHERES | HOMENS |
| Demanda Semanal (Unidades) | 85 | 120 |
| Preço Unitário (R\$) | 105,00 | 100,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 45,00 | 50,00 |
| Tempo de Corte (Minutos) | 5,0 | 10,0 |
| Tempo de Costura (Minutos) | 14,0 | 10,0 |
| Tempo Total de Processo (Minutos) | 19,0 | 20,0 |
| Número de Operadores | 1 | 1 |
| Despesa Operacional Semanal (R\$) | 10.500,00 | 10.500,00 |
| Capacidade Exigida Máquina de Corte (Minutos) | 425,0 | 1.200,0 |
| Capacidade Exigida Máquina de Costura (Minutos) | 1.190,0 | 1.200,0 |

FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

A Tabela 7 apresenta os resultados da redução do tempo de processo da

máquina de costura para camisas de mulher e aumento do tempo de processo de corte para estas camisas.

TABELA 7- RESULTADOS REDUZINDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE COSTURA DE CAMISA DE MULHER E AUMENTANDO O TEMPO DE PROCESSAMENTO DE CORTE

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Vendas (R\$) | 20.925,00 |
| Custo de Matéria-Prima (R\$) | 9.825,00 |
| Ganho (R\$) | 11.100,00 |
| Despesa Operacional (R\$) | 10.500,00 |
| | |
| Lucro (R\$) | 600,00 |

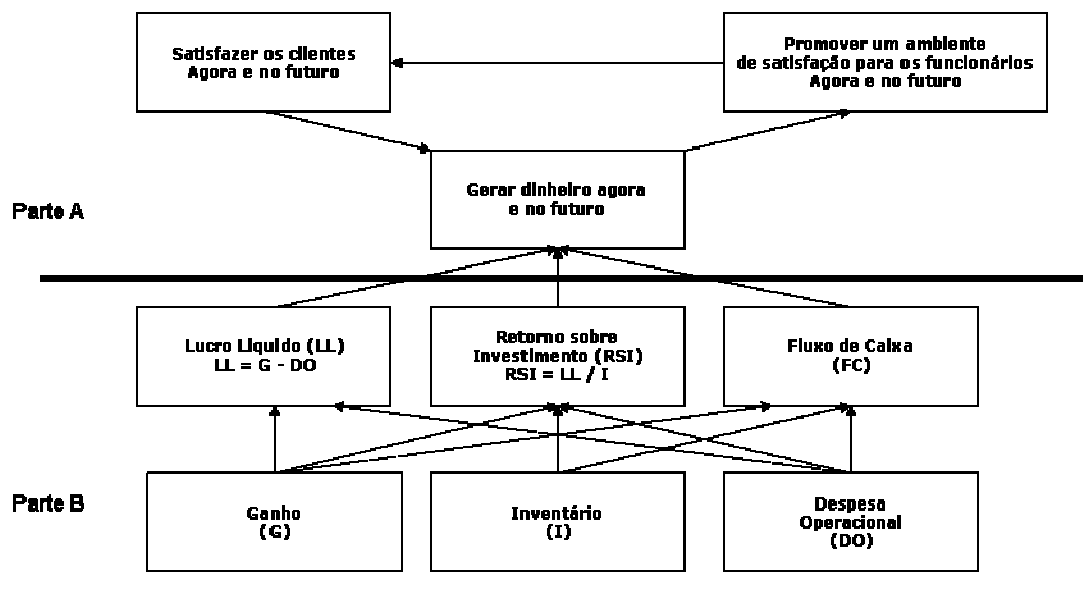
FONTE: ADAPTADO DE CORBETT (2005).

Para Corbett (2005), esta decisão de aumentar em 3 minutos o tempo em um processo e reduzir em apenas em 1 minuto em outro, aumenta o custo do produto camisa de mulher, o que poderia significar uma decisão que não faria muito sentido sob o ponto de vista do custo do produto. Entretanto, ao priorizar a camisa de homem, o lucro dobra.

Pode-se observar que a eficiência local baseada na contabilidade de custos não necessariamente leva à melhoria global, pois baseia-se na utilização de recursos e não no ganho advindo deste.

A figura 2 ilustra o modelo de Gupta (2005), apresentando em duas partes (A e B) as relações entre as decisões de ganho, seus indicadores e o ambiente na qual:

- (Parte A) mostra o relacionamento entre a meta da empresa que é ganhar dinheiro e prover um ambiente de satisfação para os trabalhadores e clientes agora e no futuro.
- (Parte B) apresenta detalhes entre elas com as medidas financeiras tradicionais.



*FIGURA 2 – ANÁLISE DO GANHO BASEADA NA TOC.
 FONTE: ADAPTADO DE GUPTA (2005, P.909).*

Segundo Gupta (2002), a meta da empresa é ganhar mais dinheiro, e para isto a TOC utiliza a junção das medidas de desempenho. Para Gupta (2002), ganho, inventário e despesa operacional, estas medidas têm natureza financeira e podem ser traduzidas em Lucro Líquido (LL) e Retorno Sobre Investimento (RSI). Elas são de fácil aplicação em qualquer nível da empresa e asseguram que as decisões estejam alinhadas com a meta da empresa, bem como a viabilização de detalhes e relação entre as medidas.

De fato, para Corbett (2005), o $LL = G - DO$ e o $RSI = (G - DO) / I$.

De acordo com Corbett (2005), contabilidade de custos não oferece uma informação adequada, pois se apóia nos custos dos recursos e não no ganho proveniente da administração das restrições encontradas na empresa.

Kee e Schmidt (2000) descrevem que a contabilidade de custos requer que sejam criados centros de custos e que os produtos que passam pelas atividades relacionadas às estes centros de custos, recebam proporcionalmente o valor do custo total pela utilização do recurso pertencente a este centro de custo.

No capítulo 6 será apresentada uma análise crítica de um estudo de caso, que utilizou a contabilidade de custos para orientar melhorias, porém para exemplificação do conteúdo apresentado serão utilizados os conceitos da TOC com o objetivo de demonstrar a comparação sobre os dois conhecimentos específicos.

3. SEIS SIGMA

Sigma é uma letra grega, σ , usada na estratégia e na estatística matemática para representar o desvio padrão de uma distribuição.

Em estatística matemática, letras simbolizadas em grego são usadas para representar parâmetros e seus valores são sempre desconhecidos. Portanto, o valor de sigma é sempre desconhecido, mas é estimado calculando-se o desvio padrão de uma amostra representativa.

A distribuição Normal (ou Gaussiana) teórica possui dois parâmetros, a média, μ , e o sigma, σ . Visto que a média e o sigma são letras gregas, isto implica que seus valores são sempre desconhecidos, mas eles são estimados calculando-se a média aritmética e o desvio padrão.

A média aritmética e o desvio padrão são duas medidas ou grandezas calculadas por meio de amostras para estimar a média e o sigma

Sigma é uma medida da quantidade de variabilidade que existe quando se mede alguma coisa (WILSON, 2000).

O nível Seis Sigma pode ser medido em termos de índices de capacidade Cp e Cpk, para que produtos e processos não apresentem defeitos (HONG e GOH, 2003).

Já o programa SS (Seis Sigma) é centrado no cliente, estruturado, sistemático, pró-ativo e quantitativo, visando à melhoria contínua dos processos empresariais de uma organização para assegurar melhoria da qualidade, redução de custo, entrega rápida e orientada à redução de desperdícios nos processos de negócio, utilizando ferramentas e técnicas estatísticas (MAHANTI E ANTONY, 2005).

Estas ferramentas e técnicas auxiliam no entendimento da flutuação ou variação de um processo, propiciando previsões de resultados dos processos,

porém, se os resultados não forem satisfatórios, adicionam-se outras ferramentas para o entendimento dos elementos que influenciam o processo (NAVE, 2002).

Também neste contexto, o SS é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço.

Dentre os objetivos do SS está na busca pela competitividade por meio da melhoria contínua dos processos.

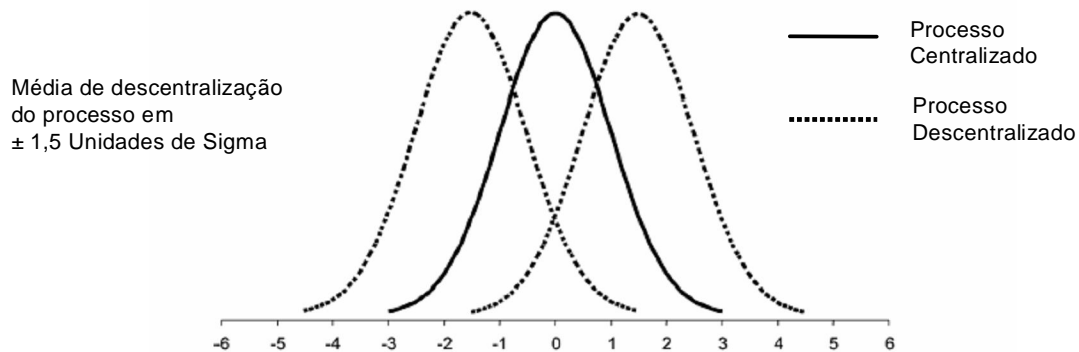
O SS é um programa de redução de defeitos que nasceu na Motorola sob influência de Joseph M. Juran e W. Edwards Deming.

Ele deve ser visto como uma estratégia empresarial capaz de levar a empresa a um nível ótimo de desempenho que se aproxime de “zero defeito”.

Arnheiter e Maleyeff (2005) demonstram que a Motorola, ao estudar a relação entre qualidade de componente e qualidade do produto final, descobriu que de lote a lote um processo tinha variação máxima de 1,5 unidades de sigma.

Este conceito é apresentado no gráfico 1 e mostra um processo centralizado e dois processos que variam em 1,5 unidades de sigma em ambas as direções.

A Tabela 8 apresenta a relação entre qualidade de componente e qualidade de produto final, assumindo que o 1,5 sigma acontece a variação.



VARIAÇÃO DO PROCESSO PADRONIZADO (UNIDADES DE SIGMA)
GRÁFICO 1 - DESCENTRALIZAÇÃO DO PROCESSO.

FONTE: ARNHEITER E MALEYEFF (2005, P.8).

Na Tabela 8 apresenta-se o nível de sigma em relação ao número de oportunidades de defeitos por produto.

TABELA 8- NÍVEL DE QUALIDADE DE PRODUTO FINAL

| Nível de Sigma | Oportunidades de Defeitos Qualidade (NCPMP) | Número de Oportunidades de Defeitos por Produto | | | | |
|----------------|---|---|---------|-----------|-----------|------------|
| | | 100 (%) | 500 (%) | 1.000 (%) | 5.000 (%) | 20.000 (%) |
| 2,5 | 158,655 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3,0 | 66,807 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3,5 | 22,75 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4,0 | 6,21 | 53,6 | 4,4 | 25,9 | 0,0 | 0,0 |
| 4,5 | 1,35 | 87,4 | 50,9 | 79,2 | 0,1 | 0,0 |
| 5,0 | 233 | 97,7 | 89,0 | 96,9 | 31,2 | 1,0 |
| 5,5 | 32 | 99,7 | 98,4 | 99,7 | 85,3 | 53,1 |
| 6,0 | 3,4 | 100,0 | 99,8 | 99,7 | 98,3 | 93,4 |
| 6,5 | 0,29 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,9 | 99,4 |
| 7,0 | 0,019 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 7,5 | 0,001 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

FONTE: ARNHEITER E MALEYEFF (2005, P.8).

Pande *et al.* (2001), descrevem que “Seis Sigma é como um abrangente esforço de mudança cultural, visando posicionar uma empresa para maiores satisfações dos clientes, lucratividade e competitividade”.

A satisfação do cliente não está ligada apenas a uma pessoa ou a um aspecto da organização, mas sim, a muitas faces do negócio, como, por exemplo, produto ou serviço de entrega, qualidade do produto, entre outros (BEHARA *et*

al., 1995).

A idéia básica por detrás da filosofia SS é reduzir continuamente as variações de produtos e processos. Aparentemente, pequenas variações em condições ambientais, desempenho do operador, matérias-primas e máquinas podem causar problemas acumulativos de qualidade (INGLE e ROE, 2001).

Segundo Ehie e Sheu (2005), a iniciativa do programa SS em uma empresa tem o objetivo de mudar a cultura para inovação em melhorias e focar em pensamentos diferentes para alcançar metas mais agressivas. Quando Seis Sigma é implantado de forma correta, desenvolve-se o capital intelectual e ganhos de conhecimentos sem precedentes melhoram positivamente no *bottom line* da empresa.

De acordo com Arnheiter e Maleyeff (2005), pode-se localizar duas fontes primárias das raízes do SS, Administração da Qualidade Total (TQM) e as métricas estatísticas da Motorola. Porém, hoje, O SS é uma estratégia empresarial de tomada de decisão de longo prazo e não mais um programa de administração da qualidade focalizado.

O SS preservou da Administração da Qualidade Total o conceito de que todos dentro da empresa são responsáveis pela qualidade de bens e serviços produzidos e também manteve o conceito de foco no cliente.

O SS proporciona à organização que o implementa uma cultura interna de indivíduos educados em metodologia padronizada, abrangendo todas as atividades de uma empresa (ROTONDARO, 2002).

3.1. SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA

Os projetos SS podem ter início motivados por exigências do negócio, porém, devem obedecer às necessidades prioritárias em relação a alocação de recursos (ROTONDARO, 2002).

Segundo Kuei e Madu (2003), a aplicação do SS é um instrumental para a

busca de alto padrão de prosperidade e constância em fabricação e serviços, pois qualidade vai além de fazer um bom produto ou ter um processo seguro, sendo necessária a visão de todo o sistema.

Uma das fases mais importante de um projeto SS de acordo com Harry e Schroeder (2000) é a seleção do projeto. As principais premissas a serem consideradas para que o projeto tenha êxito são:

1. Alinhar o projeto com a estratégia da empresa.
2. Estipular o prazo para conclusão.
3. Propiciar o aumento da satisfação do cliente.
4. Garantir a melhoria no desempenho da organização.
5. Permitir a quantificação precisa da situação atual e dos resultados a serem alcançados com o projeto.
6. Ter o comprometimento por parte da alta administração da empresa e dos demais setores envolvidos.

Nesta linha de pensamento, *best-in-class* em segurança ambiental, integridade e responsabilidade social também deveriam ser partes integrantes de iniciativas Seis Sigma.

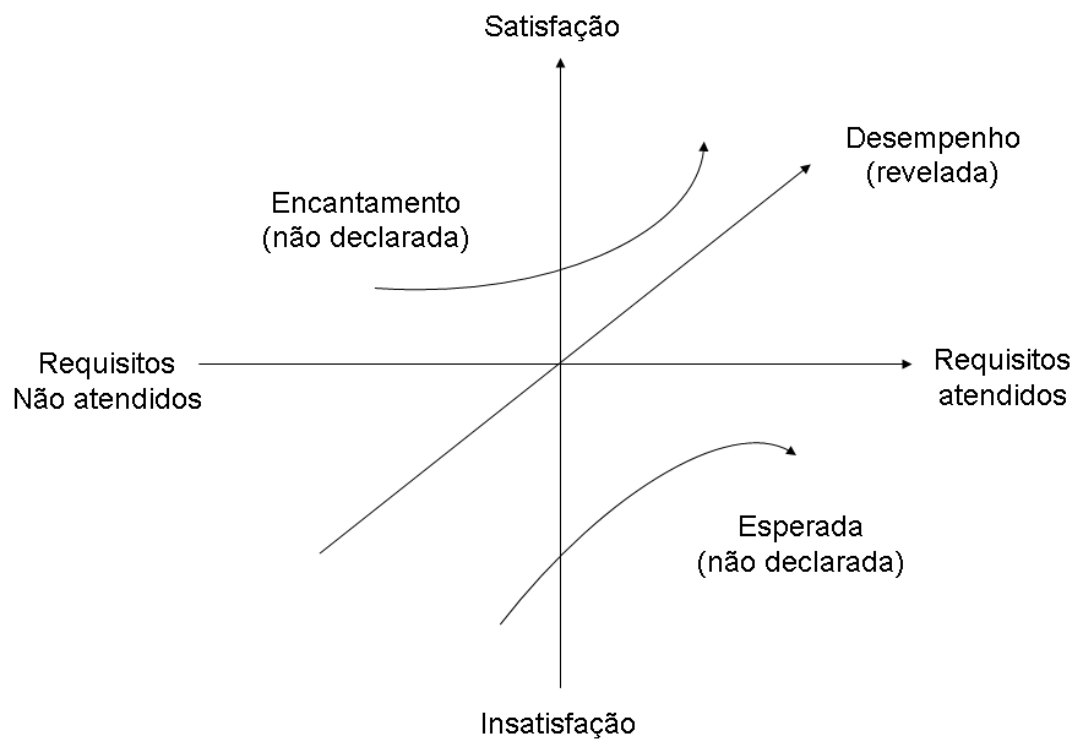
Oportunidades ou exigências do negócio podem estimular o início de um projeto Seis Sigma. As situações que motivam a criação de projetos Seis Sigma de acordo com Rotondaro (2002) podem ser:

1. Demanda de mercado
2. Necessidade do negócio
3. Exigência do cliente
4. Avanço tecnológico
5. Exigência legal

Rotondaro (2002) também descreve a utilização de quatro tópicos, como segue:

1. Identificar os critérios críticos para os clientes internos e externos.
2. Identificar lacunas de desempenho
3. Determinar se o escopo e amplitude do projeto são gerenciáveis.
4. Determinar a viabilidade do projeto.

Para o entendimento das necessidades do cliente, Kano *et al.* (1984), divide os itens básicos de qualidade como segue:



De acordo com Kano *et al.* (1984), “a voz do consumidor pode ser dividida em itens básicos da qualidade; itens de desempenho ou itens de encantamento do cliente, ou seja, itens que atraem a atenção do consumidor que não necessariamente estão embasados em resultados absolutos e sim em resultados subjetivos. Porém sob a ótica dos objetivos deste trabalho, estes itens básicos apresentados pelo autor somente trarão ganho à organização, se

em algum deles for a restrição para este ganho.

Há várias formas de se utilizar o Seis Sigma em uma empresa, conforme Wilson (2000) destaca:

1. O Benchmark

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

2. A Meta

O SS também é uma meta de qualidade. A meta dos Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erros ou falhas. Mas não é necessariamente zero. É, na verdade, 0,002 partes por milhão (PPM) de unidades defeituosas, ou, para fins práticos, zero.

3. A Medida

O SS é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como processos dois sigma, implicando mais ou menos 2 sigmas ($\pm 2\sigma$) dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto. O número de não-conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Um processo quatro sigmas ($\pm 4\sigma$), por exemplo, no qual se pode ter mais ou menos quatro sigmas dentro das especificações, possui um nível de qualidade significativamente melhor. Então, quanto maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade.

4. A Estatística

O SS é uma estatística calculada para cada característica crítica à qualidade, para avaliar o desempenho em relação à especificação ou à tolerância.

5. O Valor

O SS é um valor composto, derivado da multiplicação de 12 vezes um dado

valor de sigma, assumindo seis vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a esquerda da média e seis vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a direita da média em uma distribuição normal. A não compreensão das implicações disto é à base de muitos mal-entendidos em torno do SS.

6. A Visão

O SS é uma visão de levar a organização a ser a melhor do ramo, para isto busca a redução da variabilidade de processos, defeitos, erros e falhas.

O SS está apoiado em quatro pontos básicos:

1. Foco nas características críticas do cliente;
2. Baseado em dados;
3. Gerenciamento por processos;
4. Metodologia robusta.

O SS é aplicável a processos técnicos e não técnicos. Um processo de fabricação é visto como técnico. Nesse processo, têm-se entradas como partes de peças, montagens, produtos e matérias-primas que, fisicamente, fluem por meio do processo. A saída é normalmente um produto final, uma montagem ou uma submontagem. Em um processo técnico, o fluxo do produto é muito visível e tangível.

O SS tem componentes técnicos e de administração, pois o componente de administração é basicamente selecionar as pessoas e as métricas corretas para os projetos, prover recursos para treinamento no SS, direcionar e orientar de forma clara.

O foco do componente técnico é a melhoria de processos reduzindo variações e gerando dados que explicam as variações nos processos. Para isto, é necessária a utilização de ferramentas estatísticas pra resolver os problemas (ANTONY e MAHANTI, 2005).

3.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL PARA PROJETOS SEIS SIGMA

Antony e Mahanti (2005) apresentam a estrutura organizacional dos projetos SS na figura 4.

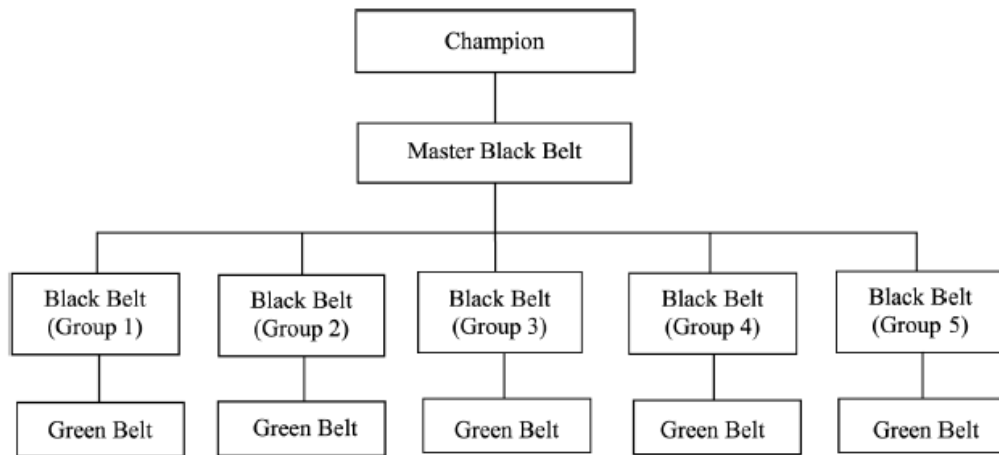


Figura 4 – Estrutura Organizacional Do Seis Sigma.

FONTE: ANTONY E MAHANTI (2005, P.742).

Na figura 5 é apresentada a estrutura organizacional para projetos SS, de forma mais detalhada.

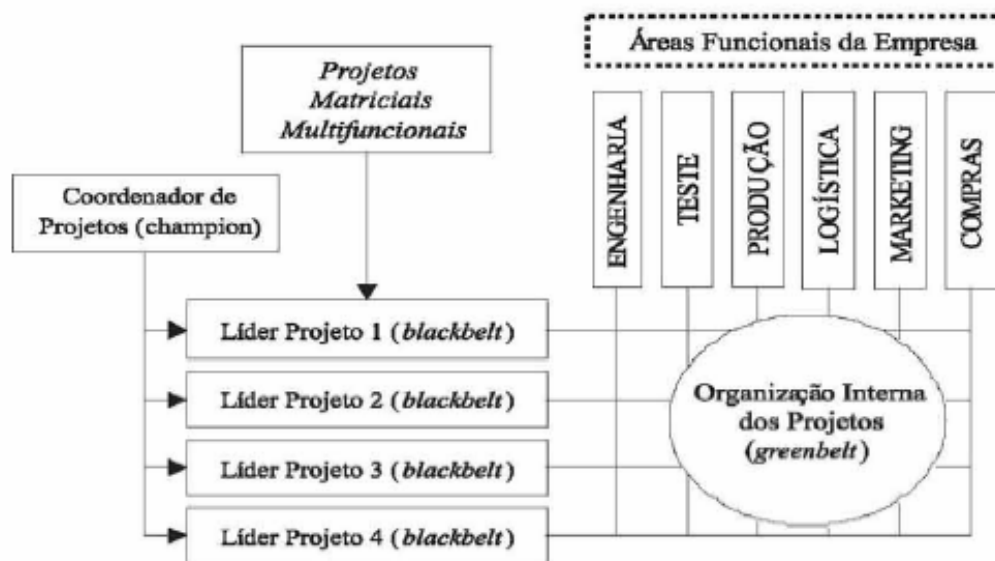


Figura 5 – Estrutura Organizacional Do Seis Sigma II.

FONTE: ADAPTADO DE MAXIMIANO (1997) APUD MOURA (2004).

Para Antony e Mahanti (2005), são estas as descrições das posições do SS:

1) *Champion*

Líder dos executivos organiza toda a implementação do SS. Ele conhece claramente os objetivos do projeto, agindo como agente de mudança e definindo as pessoas que trabalharão no projeto.

2) *Master Black Belt*

Ajuda implantar o projeto. Responsável pela criação de mudança na organização, ajuda na escolha de projetos e pessoas, oferecendo liderança técnica. Dedicado 100% ao SS, treina as pessoas envolvidas no programa.

3) *Black Belts*

Elementos-chaves do projeto SS. Devem possuir iniciativa e habilidades de relacionamento, motivação para resultados, ser influentes e possuir conhecimentos técnicos de sua área de trabalho. Eles treinam os *Green Belts* e conduzem os grupos.

4) *Green Belts*

Executam o SS como parte de suas tarefas. Suas funções são identificar e executar projetos e solucionar problemas.

O que se espera do SS é a redução da variabilidade como um problema a ser reduzido continuamente, conseguindo assim criar uma cultura interna focalizada na educação em uma metodologia padronizada para que a organização tenha reduções de custos nos processos que contém a variabilidade (ROTONDARO, 2002).

3.3. A METODOLOGIA DMAIC

Segundo Antony e Mahanti (2005), a metodologia DMAIC é utilizada nos projetos SS com o objetivo de melhorar produtos e serviços, é rígida e estruturada, proporcionando um melhor entendimento dos elementos dos processos.

De acordo com Ehie e Sheu (2005), a implementação dos projetos SS envolve uma série de passos para facilitar um processo de melhoria contínua, aplicando na produção, engenharia e processos transacionais.

A Metodologia com as iniciais em inglês do DMAIC descrita por Antony e Mahanti (2005) tem cinco fases: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar).

Definir

Definição de metas e limites do projeto e a identificação de pontos que precisam de melhorias para alcançar o mais alto (melhor) nível de sigma. Os assuntos precisam ser definidos de forma que possam ser mensuráveis e com uma definição operacional concreta, pois nesta fase, o grupo de trabalho do projeto SS identifica um projeto baseado em objetivos empresariais. O grupo de trabalho responsável pelo SS deve identificar os fatores críticos que têm maior impacto na qualidade, priorizando um planejamento para projeto de melhoria do processo.

Medir

Coleta de informações da situação atual e seu desempenho. De acordo com Antony e Coronado (2002), esta fase seleciona as características da qualidade que devem ser melhoradas e estabelece os parâmetros de não aceitação de tais características. Após este trabalho, os dados são consolidados, resultando em uma avaliação preliminar do desempenho da capacidade do processo cujo projeto Seis Sigma está sendo aplicado.

Analisar

Segundo Antony e Mahanty (2005), esta fase identifica a causa-raiz de

problemas de qualidade e usa ferramentas apropriadas para a análise de dados. De acordo com Ehie e Sheu (2005), confirmadas as causas-raiz confirmadas, a fase *Analisar* na estratégia SS utiliza técnicas integradas de manufatura, engenharia e estatística para remover tais causas dos problemas para que o processo de melhoria necessário seja realizado. O objetivo é melhorar a utilização da capacidade atual do processo sem a adição de dispêndio de capital.

Melhorar

Implementar soluções que se identifiquem com os problemas encontrados na fase analisar. Segundo Hong e Goh (2003), durante a fase melhorar o SS integra idéias e soluções para o projeto em andamento. Nesta fase o processo é melhorado por meio da eliminação de defeitos, utilizando desenvolvimento de experiências para a identificação de possíveis soluções. O processo é melhorado desenvolvendo soluções criativas e prevenindo problemas, pois deve haver segurança de que os resultados desejados estão sendo alcançados. Podem ser exigidas várias tentativas e experiências para achar a melhor solução.

Controlar

Avaliar, monitorar e manter os resultados de melhoria. De acordo com Nave (2002), se o processo estiver executando o que se desejou e estava previsto, então este processo é posto sob controle. Este último passo é a sustentação da metodologia do SS, pois o processo é monitorado para assegurar que nenhuma mudança inesperada ocorra.

A metodologia DMAIC identifica problemas-base para seleção dos projetos, coleta dados de forma refinada para conhecer o desempenho do processo atual, na determinação das causas dos problemas, na formulação de ações de melhoria e na manutenção do processo sob controle. O SS é um programa *top-down*, ou seja, os projetos são selecionados na área conceitual do negócio.

Nave (2002) apresenta os passos do Seis Sigma.

1) Definir

- a) Identificar problemas
- b) Definir requisitos
- c) Estabelecer metas

2) Medir

- a) Validar problemas
- b) Validar processos
- c) Redefinir problemas
- d) Redefinir objetivos
- e) Medir passos-chave
- f) Medir entradas

3) Analisar

- a) Desenvolver hipóteses causais
- b) Identificar causas-raiz
- c) Validar hipóteses

4) Melhorar

- a) Desenvolver idéias para remover causas-raiz
- b) Testar soluções
- c) Padronizar soluções
- d) Medir resultados

5) Controlar

- a) Estabelecer medidas-padrão para manter desempenho
- b) Corrigir problemas quando necessário

Antony e Coronado (2002), descrevem as ferramentas mais utilizadas nas fases do DMAIC nas empresas que aplicam o SS são as seguintes:

- a) Análise de Causa e Efeito
- b) Fluxograma
- c) Cartas de Controle
- d) Delineamento de Experimentos
- e) FMEA
- f) Prática 5S
- g) QFD
- h) Custo da Qualidade
- i) Teste de Hipóteses
- j) Análise de Pareto
- k) Método Taguchi
- l) Poka-Yoke
- m) Medida de Capabilidade
- n) Análise de Regressão
- o) Estudo de Correlação

3.4. A MUDANÇA CULTURAL

Segundo Antony e Coronado (2002), para que a introdução e implementação do programa Seis Sigma tenha sucesso na organização, é necessário haver um ajuste na cultura da organização nos funcionários e o trabalho em si.

A questão da mudança cultural não é o foco deste trabalho, porém pode ser explorado por trabalhos futuros.

Os funcionários deverão estar motivados e serem responsáveis pelos seus trabalhos e dos outros. Segundo o autor, a organização cria um caminho de melhoria contínua, educação e disseminação de informações sobre a resolução dos problemas e resultados alcançados com o programa.

O 5S surge como um ambiente seguro e aberto no qual os defeitos são vistos

como oportunidades de melhorias. Esta é uma grande mudança na organização, pois vai contra ao que funcionários acreditam que deveriam ser as coisas. Estes comportamentos podem ser resultados de diferentes fatores (ANTONY e CORONADO, 2002).

Eckes (2000) identificou quatro fatores, como segue:

1) Técnico

Freqüentemente as pessoas acham dificuldades, para isto é necessário envolvimento e educação.

2) Político

Baseia-se na visão da solução a ser implementada como uma perda real ou imaginária. A estratégia para evitar isto está na criação de uma necessidade de mudança e mostrar como esta mudança pode ser benéfica para todos.

3) Individual

Consiste em empregados muito estressados. Este estresse é resultado de problemas pessoais e associado à organização, caminho para reduzir este estresse e ou tensão é diminuir a carga de trabalho.

4) Organizacional

Isto acontece porque a organização inteira é colocada a nova metodologia e elas são instituídas e comunicadas pela alta administração.

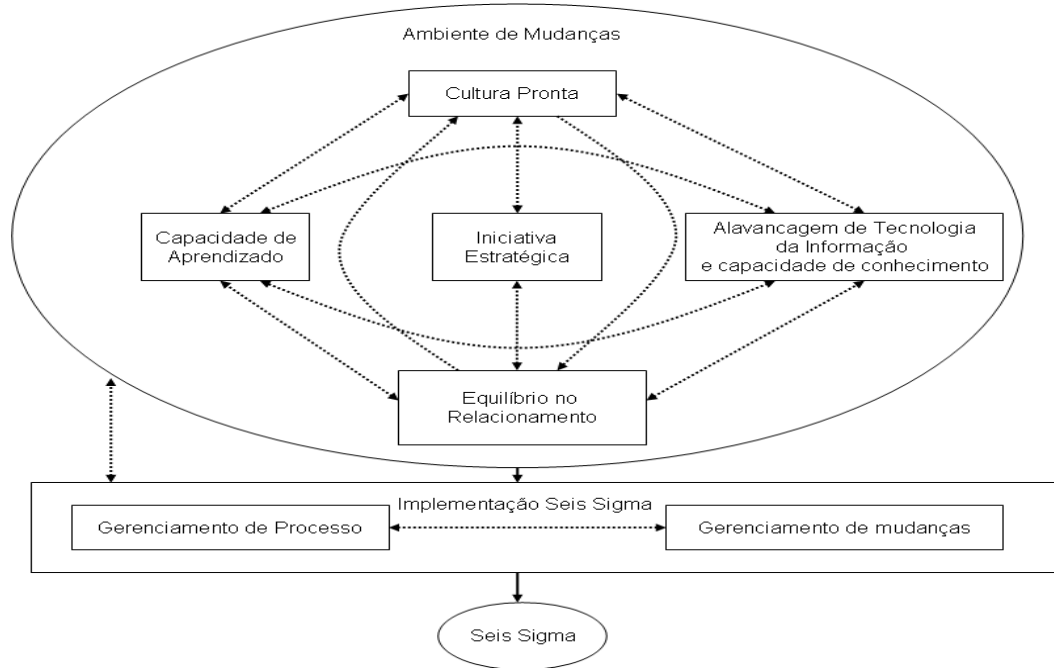
A resistência pode ser reduzida quando os gerentes comunicam a todos sobre os benefícios de tais iniciativas.

Segundo Motwani (2004), práticas de processos de gerenciamento de mudanças, junto com um ambiente de mudanças, contribuem para a melhoria do negócio e asseguram a melhoria de vida no trabalho.

Ambos são requeridos para alcançar ganhos competitivos mensuráveis e

sustentáveis de desempenho.

A figura 6 apresenta esta complexidade em um esquema teórico de implementação do SS descrito por Motwani (2004).



3.5. A CONTABILIDADE GERENCIAL DO SEIS SIGMA

Harry (1998) descrevem que os ganhos advindos dos projetos SS são basicamente baseados nos Custos da Qualidade, uma vez que os projetos aumentam o lucro da empresa por meio da eliminação de defeitos, falhas, erros, melhoria da qualidade e otimização de operações.

Os custos da qualidade são formados por:

a) Custos de prevenção

Custos associados para garantir que o processo forneça produtos e serviços com qualidade.

b) Custos de avaliação

Custos associados à medição do nível de qualidade do sistema. Dentre estes

custos estão os testes, inspeções e avaliações planejadas.

c) Custos das falhas

Custos decorrentes da correção da qualidade de produtos e serviços.

d) Custos de falhas internas

Custos associados à correção ou troca de produtos com defeitos, antes de chegarem ao cliente.

e) Custos de falhas externas

Custos associados à produtos ou serviços com defeitos entregues ao cliente.

Uma lista típica de estudos de redução de custos inclui: eliminação de desperdícios, projetos de produtos, qualidade na fonte, fazer as tarefas certas na primeira vez, revisão dos projetos do processo, controles da produção, sistema JIT, redução do *set-up*, redução de despesas gerais e o envolvimento das pessoas.

De acordo com Antony e Fergusson (2004) a renda e a rentabilidade da organização aumentam pela integração de processos de melhorias e reduções de custos.

Ao falar na abordagem Seis Sigma, muitas pessoas têm medo de que os projetos sejam muito caros. Isto não tem que ser verdade. Quando uma alternativa de desígnio for considerada previamente em projeto ou ainda estiver no papel, seu custo será mínimo. O que direciona o aumento nos é esperar até descobrir os problemas de qualidade para que seja iniciado o trabalho de melhoria. Uma análise de custo benefício deveria ser incorporada no programa Seis Sigma para medir os ganhos atuais (HONG e GOH, 2003).

3.6. VIABILIDADE DO PROJETO

De acordo com Rotondaro (2002), a melhoria da qualidade afeta o ganho

reduzindo custos com refugos, retrabalhos e garantia do cliente, aumenta a eficiência e produtividade, aumentando os rendimentos, porém somente aumentará a lucratividade da empresa se o ganho resultante do projeto for maior que o investimento realizado para a melhoria do processo.

A análise passa pelo fluxo de caixa, ou seja, o quanto será gerado de resultado positivo no curto prazo para sustentar a agregação de valor no longo prazo.

Ainda segundo Rotondaro (2002), o projeto deve ter viabilidade técnica e econômica, porém apoiados em critérios científicos como variação do dinheiro, fluxo de caixa, etc, e critérios empíricos que não consideram a variação do valor no tempo:

- a) Viabilidade técnica sugere que o projeto seja realizado com engenharia e equipamentos disponíveis;
- b) Viabilidade econômica cujos benefícios advindos do projeto deverão necessariamente ser maiores que o capital investido.

4. PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO TOC E SS

Para que exista a integração do SS com a TOC, é necessário conhecer a restrição do sistema, pois é exatamente esta restrição que impossibilita um ganho global maior da organização.

Isto é essencial para se pensar em termos de redução de variabilidade em um dado processo, pois este processo pode não possibilitar uma melhoria no desempenho global. Sendo assim, este projeto SS poderia ser considerado desnecessário, ao menos no momento, na visão da Teoria das Restrições.

Logo, sob a perspectiva da TOC, considerações de relevâncias de um projeto SS devem passar pela análise do impacto que este traz para o desempenho de toda a organização, indo além do chamado *saving* (economia de custo) geralmente utilizado em decisões de priorização de projetos SS.

Este trabalho parte da premissa que é possível analisar e selecionar Projetos SS segundo os pressupostos da TOC. Desta forma, a análise e seleção de projetos SS passam a incorporar as três medidas de desempenho sugeridas pela TOC, quais sejam, Ganho, Investimento e Despesa Operacional, em substituição à abordagem tradicional geralmente centralizada em economias de custo.

Esta proposta de integração tem o objetivo de sugerir ao gestor utilizar a TOC como abordagem para apoio ao planejamento e implementação de projetos Seis Sigma.

A proposta de integração surge a partir do modelo desenvolvido por Ehie e Sheu (2005), o qual é a seguir apresentado.

4.1. O MODELO DE EHIE E SHEU E A NECESSIDADE DE VISÃO SISTÊMICA

A revisão bibliográfica feita identificou que não há muitas publicações que

descrevem a confluência entre a Teoria das restrições e o SS.

Para Ehie e Sheu (2005), a confluência do SS com a TOC pode ser feita por uma combinação de aspectos gerenciais da TOC e dos aspectos de engenharia do SS. Tanto o SS quanto a TOC têm ferramentas de aplicação semelhantes. Porém, na visão dos autores, cada fase da implementação de um projeto SS deverá correlacionar-se com as fases da TOC. O modelo proposto por Ehie e Sheu (2005) é apresentado na figura 7, a seguir.

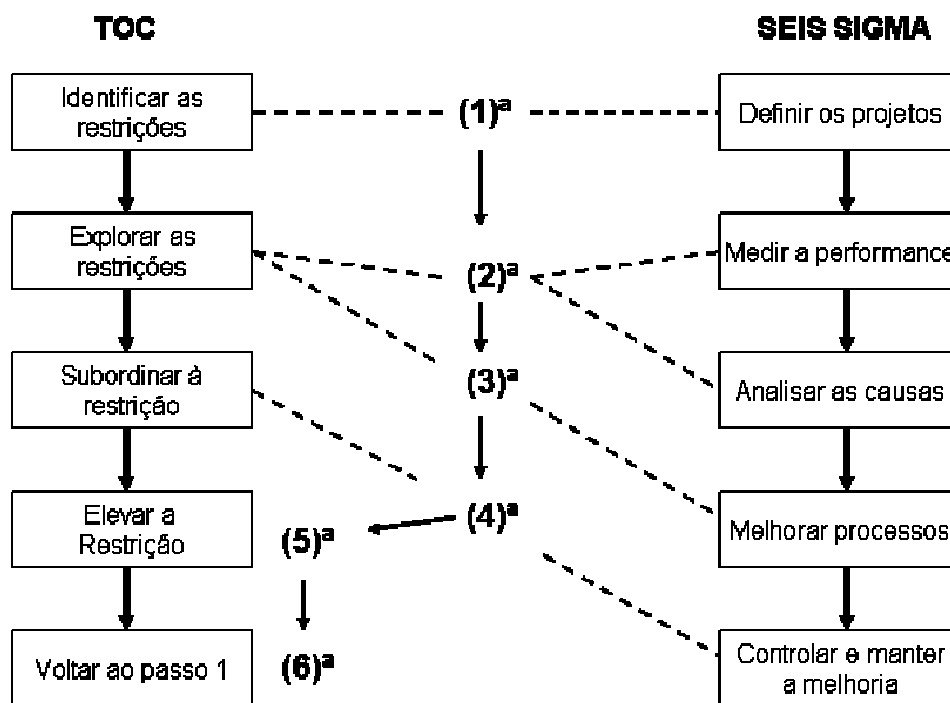


FIGURA 7 – INTEGRAÇÃO DE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E SEIS SIGMA.
 FONTE: ADAPTADO DE EHIE E SHEU (2005, P.544).

Para Ehie e Sheu (2005), o SS e a TOC usam vocabulários diferentes, porém, na verdade, os métodos de trabalho são semelhantes. Consistem em identificar e focalizar variáveis fundamentais, prevendo medidas críticas para melhorias nos processos, apoiando melhorias nos processos atuais e monitorando os resultados destas melhorias no nível global da organização.

Baseado no modelo apresentado, Ehie e Sheu (2005) propõem os seguintes

passos que devem ser seguidos:

1. Identificar / Definir

Identificar a restrição e verificar seu impacto global, ou seja, avaliar quais restrições impactam negativamente ou limitam aumentos no Lucro e no Retorno Sobre o Investimento da empresa.

Definir os projetos Seis Sigma de acordo com o impacto global. Depois de definido e verificado o impacto global, identificam-se os projetos Seis Sigma com maior poder de alavancagem no Lucro e no Retorno Sobre o investimento da empresa.

2. Explorar / Medir / Analisar

Neste passo faz-se a medição do desempenho atual e identifica-se as causas-raiz que precisam de correção / melhoria, aplicando os passos medir e analisar do SS para validar a identificação das causas-raiz.

3. Explorar / Melhorar

Uma vez as causas-raiz identificadas e confirmadas, neste passo aplica-se a estratégia SS utilizando técnicas estatísticas para remover as causas-raiz dos problemas para que haja o processo de melhoria. O objetivo é melhorar a capacidade atual do processo sem dispêndios de capital adicional.

4. Subordinar / Controlar

Subordinar todos os recursos à restrição. Neste passo, assegura-se de que às mudanças realizadas anteriormente, sejam sustentadas corretamente pelo resto do sistema. Por exemplo, os gerentes podem precisar mudar políticas, procedimentos ou contratar funcionários para que as mudanças sejam implementadas. É necessário um treinamento freqüente neste passo, para que este processo se mantenha revisado.

5. Elevar

Se a melhoria do processo selecionado é insuficiente para satisfazer as necessidades do cliente, objetivos ou metas, os gestores têm que considerar outras opções como por exemplo: terceirização ou investimento adicional, elevando a capacidade do processo. Finalmente, os gestores têm que ficar atentos à dinâmica do sistema tradicional e monitorar constantemente a melhoria.

6. Voltar

Para evitar a inércia, voltar ao passo um.

Nave (2002) apresenta uma comparação entre a TOC e o SS. Esta comparação pode ser apresentada na forma de um quadro, como a seguir.

| Programa | Teoria das Restrições | Seis Sigma |
|-------------------------|---|--|
| Teoria | Gerenciar restrições | Reduzir variação |
| Diretrizes de Aplicação | 1 - Identificar a restrição 2 - Explorar a restrição 3 - Subordinar os processos 4 - Elevar a restrição 5 - Repetir o ciclo | 1 - Definir 2 - Medir 3 - Analisar 4 - Melhorar 5 - Controlar |
| Foco | Restrições do sistema | Focado no problema |
| Suposições | Ênfase na velocidade e volume Utiliza sistemas existentes Processos interdependentes | Existência de um problema Figuras e números são valores Melhoria na saída do sistema se toda a variação do processo é reduzida |
| Efeito Primário | Processamento rápido | Saída uniforme do processo |
| Efeitos Secundários | Redução de Inventário Contabilidade do ganho Processamento - Sistema de medição da performance | Menor inventário e desperdício Processamento rápido Flutuação - medidas de performance para os gerentes Melhoria da qualidade |
| Críticas | Contribuição do trabalhador na melhoria contínua Análise de dados não valorizada | Interação do sistema não é considerada Melhoria de processos independentes |

QUADRO 1- COMPARAÇÃO ENTRE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E SEIS SIGMA.

FONTE: NAVE (2002, p.77).

Para Nave (2002), a junção das abordagens TOC e SS apóia-se na decisão da organização sobre o objetivo a ser alcançado, seja na qualidade, prazo ou custo. Qualquer que seja este objetivo, isto implica em garantir que a visão sistêmica da organização seja eficaz.

Segundo a TOC (NAVE, 2002; EHIE; SHEU, 2005), a aplicação de projetos SS

deve partir de uma visão sistêmica da organização, o que primeiramente implica em reconhecer o seu propósito.

Para De Sordi (2005), um processo só existe em função de algum objetivo da empresa, porém, vale ressaltar que, para alcançar estes objetivos, faz-se necessária a gestão dos recursos nos processos requeridos pela estratégia da organização.

De acordo com o pensamento sistêmico tradicional, tudo é aparentemente complexo. Maximiniano (2006), por exemplo, afirma que qualquer situação tem inúmeras causas e produz inúmeros efeitos. Neste sentido, torna-se necessário visualizar a interação de componentes que se agregam em totalidades ou conjuntos complexos, entender a multiplicidade e interdependência das causas e variáveis dos problemas complexos e criar soluções para os problemas complexos.

Segundo Corbett (2005), a TOC apóia-se na existência de uma causa comum para muitos efeitos e que as causas podem ser mais profundas do que a visão superficial dos fenômenos pode enxergar. Neste caso, o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os elementos do sistema, mas, é determinado, de fato, por poucos elementos causadores da grande maioria dos efeitos. Neste sentido, para a TOC, a maioria dos sistemas organizacionais não são complexos, pois poucos elementos (as restrições do sistema) são realmente responsáveis pelo desempenho organizacional como um todo.

4.2. PROPOSTA DE UM MODELO DE INTEGRAÇÃO DAS ABORDAGENS SS E TOC

O modelo é adaptado com o objetivo de orientar a definição dos projetos SS segundo o impacto que estes projetos terão sobre as três medidas propostas pela TOC.

Os passos a seguir representam uma nova abordagem de integração, a fim de propor um modelo de seleção e análise de projetos SS partindo dos

pressupostos da TOC.

A proposta de integração para análise e seleção dos projetos SS se baseia em um modelo ilustrado na figura 8 a seguir.

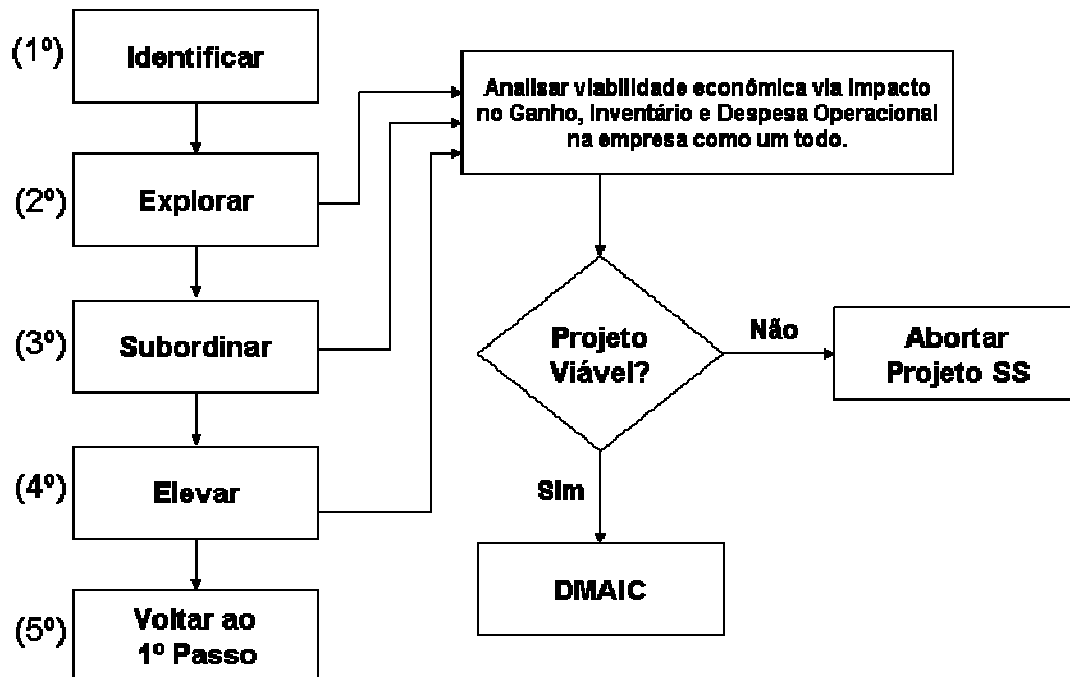


Figura 8 – Modelo para seleção de projetos Seis Sigma de acordo com a abordagem TOC.

De acordo com o modelo, a aplicabilidade de projetos SS deve estar fundamentada nos cinco passos da TOC, assim identificados:

1º Passo – Identificar a restrição

Como o modelo está baseado em TOC, o 1º Passo tem que ser seguido de qualquer forma, dado que, o impacto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional deve partir da restrição.

2º Passo - Explorar a restrição

Neste passo o processo deve ser melhorado para alcançar sua capacidade extrema sem maior custo, atualizações ou mudanças. Se houver a necessidade de um entendimento mais aprofundado em relação a validação da

restrição, a utilização de um projeto SS para aplicação de suas ferramentas estatísticas poderá existir.

Para ilustrar, podemos utilizar um exemplo hipotético, um problema no processo de entrega de produtos causando atrasos. Porém as causas potenciais de um problema como este, pode ser desde a falta de funcionário para cobrir pausas para almoço até manutenção preventiva insuficiente nas empilhadeiras responsáveis pelo carregamento dos produtos

A sugestão e a adoção de um projeto SS neste passo, com o objetivo de aplicar as ferramentas contidas na metodologia, deverá necessariamente passar por uma avaliação prévia, na qual deverá analisar o impacto do projeto não somente na redução do problema, mas uma análise de viabilidade econômica via impacto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional na empresa como um todo.

Muitos problemas podem ser resolvidos com a adoção de outras ferramentas como o *Kaizen*, *TPM*, etc, e que não necessariamente utilizam uma carga pesada de ferramentas estatísticas do SS.

3º Passo - Subordinar

Os outros recursos devem trabalhar na velocidade da restrição, e não mais rápido ou mais devagar. Neste passo deve-se analisar se a falta de capacidade protetiva em algum recurso o impossibilita de se subordinar à restrição. Se houver a falta desta capacidade protetiva, pode-se aplicar um projeto SS com suas ferramentas para este recurso, afim de aumentar sua capacidade. Utilizando o exemplo descrito no passo anterior, problema de entrega de produtos que está causando atrasos, pode-se utilizar o projeto SS para melhorar a manutenção das empilhadeiras e aumentar a disponibilidade deste equipamento, com isto, não faltará carregamento de produtos para entrega.

A aplicação do projeto SS sugerido subordinará à restrição e deverá ter uma análise de viabilidade econômica via impacto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional na empresa como um todo.

4º Passo - Elevar (conseguir mais) a restrição

Neste passo envolve investimentos para se obter um aumento da capacidade da restrição, na visão de aplicação de projetos SS, pode-se utilizar muitas ferramentas e uma delas por exemplo é o FMEA (Análise do Modo de Falha), porém antes de tomar decisões com o resultado desta análise, deverá necessariamente haver uma análise prévia de viabilidade econômica via impacto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional na empresa como um todo.

5º - Passo - Voltar

⇒ Retornar ao 1º Passo para evitar a inércia.

Na análise do modelo proposto é importante salientar que, as decisões tomadas nos passos Explorar, Subordinar e Elevar, devem necessariamente passar por uma análise econômica via o impacto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional.

Esta análise tem sua importância baseada na tomada de decisão que levará a organização na direção de sua meta, na qual duas medidas de desempenho para medir a rentabilidade são usadas: LL (Lucro Líquido) e RSI (Retorno Sobre o Investimento), que segundo os pressupostos da TOC o LL é dado pelo Ganho menos a Despesa Operacional e o RSI é dado pelo LL dividido pelo Inventário.

De acordo com Corbett (2005) uma boa decisão, é aquela que impacta positivamente no RSI.

Para ilustrar a potencialidade da proposta, é apresentado, no capítulo 7, um estudo de caso baseado na não utilização da abordagem da TOC na seleção de um projeto SS em uma empresa fabricante de tintas e vernizes. O objetivo é verificar se decisões distintas teriam sido tomadas se o modelo proposto tivesse sido adotado.

5. ILUSTRAÇÃO DA APLICABILIDADE DO MODELO PROPOSTO: UM ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa cujo objetivo principal é a manutenção da liderança de mercado em tintas *spray*.

Esta empresa vem, nos últimos anos, trabalhando com a metodologia SS. Dentre alguns projetos implementados ou em fase de implementação na empresa, foi selecionado um, com a finalidade de ilustração para análise do modelo proposto. O objetivo do projeto SS em questão era a redução do custo de manufatura da fábrica de tintas *spray*.

Vale ressaltar que as decisões tomadas em relação a este projeto foram baseadas na metodologia DMAIC da abordagem SS, não tendo utilizado, portanto, o modelo aqui proposto. Porém será feita uma comparação “se fosse utilizado” o modelo proposto qual seria o resultado?

5.1. A EMPRESA

Criada há cerca de 140 anos nos EUA, a empresa estudada é líder no mercado deste país em produtos de revestimento e proteção, com predominância no desenvolvimento de tintas para as mais variadas finalidades. Por intermédio das próprias instalações, *joint-ventures* e empresas licenciadas, a empresa tem atendido mercados em todo o mundo há décadas.

Nos EUA, a empresa é mais do que uma grande fabricante de tintas, pois é também um dos principais distribuidores de tintas, com mais de 2.200 lojas administradas pela empresa nos 50 estados americanos.

Com mais de 60 anos no Brasil, a empresa é sempre citada quando o assunto é qualidade e durabilidade. A empresa atua tanto no segmento imobiliário quanto industrial.

A Empresa está localizada no estado de São Paulo, onde possui escritório e fábricas no segmento imobiliário. Também faz parte do grupo a unidade de tintas industriais, *spray* e tintas em pó voltadas para a indústria.

5.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TINTA *SPRAY*

O processo de fabricação é complexo, pois envolve desde a fabricação dos produtos intermediários que formarão o produto final até o envase.

Descrição das fases:

1. Pesagem – Separação das matérias-primas sólidas e líquidas.
2. Dispersão – Mistura do meio sólido no meio líquido.
3. Homogeneização – Agitação da mistura.
4. Moagem – Refinamento e abertura da pigmentação.
5. Completagem – Adição de solventes e cargas minerais.
6. Tingimento – Acerto da cor.
7. Controle – Análise física e química das propriedades da tinta
8. Diluição – Adição de solvente.
9. Envase do tubo de tinta – Colocação de esfera de vidro, colocação de válvula, cravamento da válvula, adição de gás, colocação de atuador na válvula, colocação de tampa e encaixotamento.

Para melhor visualização, a figura 9 representa graficamente o processo de fabricação, no qual é igual para todas as linhas de produção.

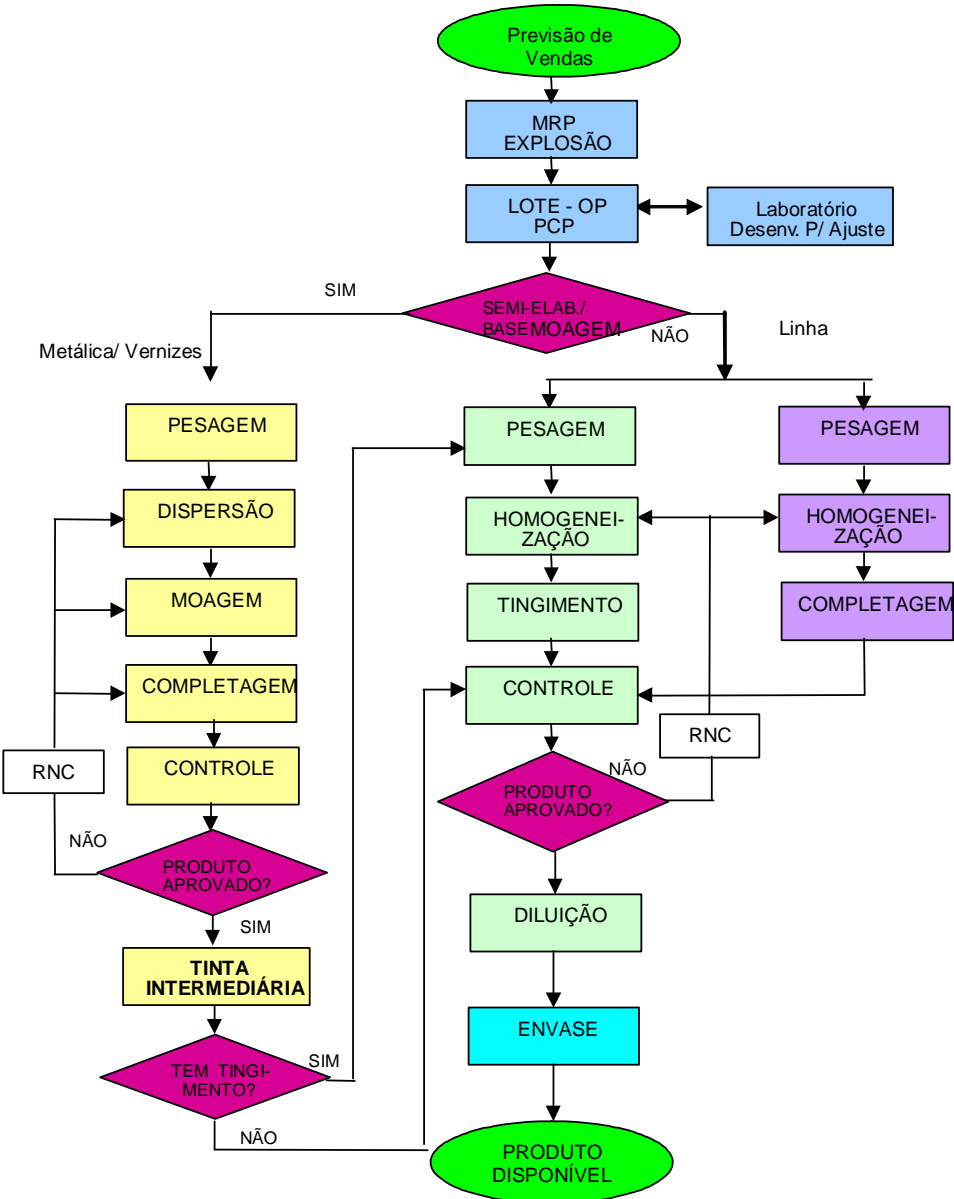


Figura 9 – Processo de Produção de Tintas Spray

5.3. DEFINIÇÃO DOS PROJETOS

Havia uma percepção por parte da diretoria da empresa de que seria necessária a redução de custo de manufatura do tubo de tinta *spray* para que pudesse manter a liderança de mercado.

Esta percepção fez com que a empresa fosse em busca de ferramentas para o entendimento e posterior redução do custo, para isto, consultou o escritório central da empresa para descobrir se houve atuação em projetos semelhantes e quais ferramentas e conhecimentos foram utilizados, após a consulta a decisão tomada foi pela implementação de projeto SS.

O escritório central da empresa está nos EUA, porém, a decisão da utilização de projetos SS fica a cargo de cada Divisão de Negócios. Sendo assim, a estrutura organizacional dos projetos se apresenta de acordo com a figura 10 a seguir.

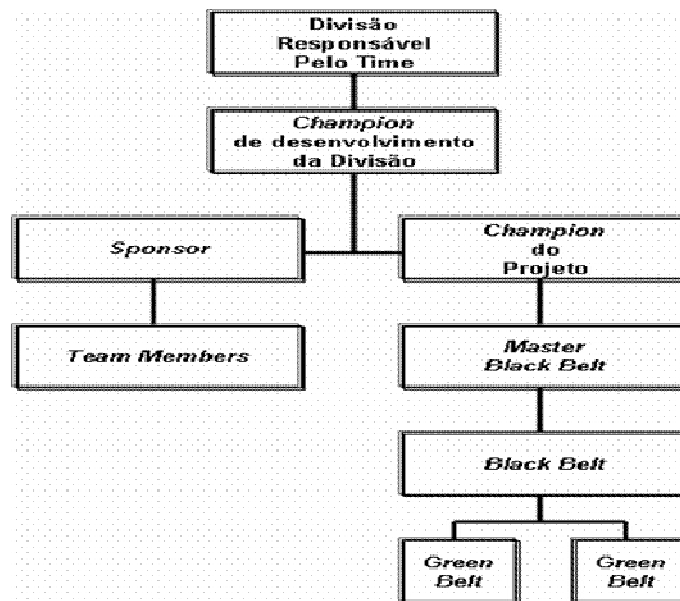


FIGURA 10 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SEIS SIGMA DA EMPRESA.

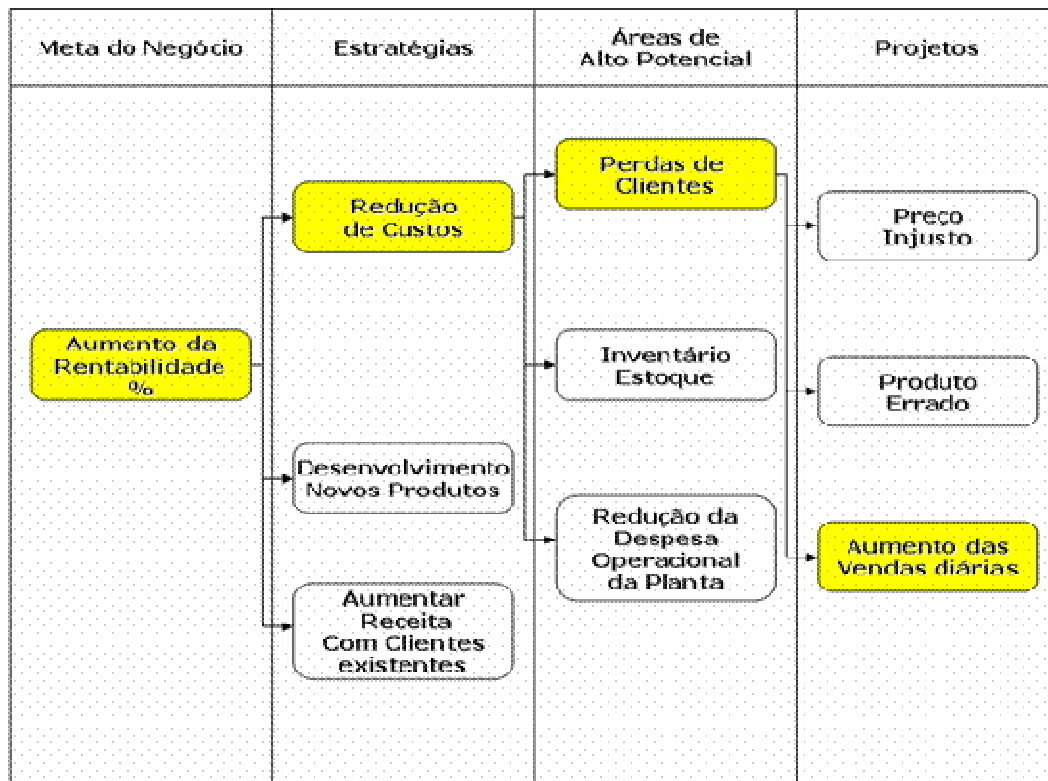
O planejamento da abordagem SS da empresa está baseada em uma

sucessão de eventos que dirige a seleção dos projetos.

Todo o seqüenciamento de fases de seleção dos projetos é aplicado da mesma forma, com os mesmos materiais e em todas as Divisões de Negócios da empresa no mundo.

Porém, vale lembrar, como apresentado anteriormente, cabe a cada Divisão de Negócios selecionar os projetos.

É apresentado no quadro 2 um modelo de seqüenciamento de fases de seleção dos projetos SS, o qual é utilizado na empresa pela alta administração para análises e definições de projetos, de seus objetivos e metas.



QUADRO 2- SEQÜENCIAMENTO DE FASES PARA SELEÇÃO DE PROJETOS.

A seleção de projetos na empresa segue as seguintes fases:

Fase 1

A alta administração define por meio de informações internas e de mercado os principais indicadores para a empresa. Estes indicadores medem a situação financeira da empresa. Os indicadores são:

- 1) Vendas
- 2) Lucro antes dos Impostos (PBT)
- 3) Lucro por Ação
- 4) Capital de Giro % por Vendas
- 5) Retorno sobre o Ativo Líquido Aplicado

Fase 2

Após a definição, análise e avaliação dos indicadores, a alta administração estabelece metas para apoiar a melhoria dentro dos indicadores chaves do negócio, segundo o quadro 3.

| Indicadores Chaves | Metas do Negócio |
|--|-----------------------------------|
| Vendas | Aumentar a % Vendas |
| Lucro Líquido antes dos Impostos Capital de Giro % por Vendas Lucro por Ação | Aumentar a Rentabilidade % |
| Retorno sobre o Ativo Líquido Aplicado | Melhorar a Eficiência de Operação |

QUADRO 3- INDICADORES METAS

Fase 3

Para cada indicador, a alta administração desenvolve estratégias para atender alguns objetivos empresariais de alto nível.

Fase 4

Após as fases anteriores, a alta administração envolve a administração de Divisão de Negócio que juntas definem áreas de alto potencial de oportunidades para cada estratégia.

Fase 5

A partir desta fase a administração de Divisão de Negócio assume o projeto e define a chamada medida mínima de U\$ 30,000.00 de *Saving* (economia ou redução de custos) para este projeto SS.

O quadro 4 traz alguns exemplos de informações que são unidas às metas do negócio e aos indicadores chaves.

| Indicadores Chaves | Metas do Negócio | Medida mínima U\$ 30,000 |
|--|-------------------------------|--|
| Vendas | Aumentar a % Vendas | Desenvolvimento de novos produtos Tempo de vida do produto |
| Lucro Líquido antes dos Impostos Capital de Giro % por Vendas | Aumentar a Rentabilidade % | Custo de produção Variação na matéria-prima Redução de desperdício |

Quadro 4- Indicadores, Metas, Medida Mínima

Fase 6

A administração de Divisão de Negócio e os *Black-Belts* identificam uma lista de possíveis projetos de alto potencial para cada área, esta identificação se dá por reunião semestral.

Estes projetos são priorizados de acordo com o retorno sobre o investimento (RSI), alta probabilidade de sucesso e importância para o cliente. Os projetos com maior potencial são informados no Plano Anual de Operação e reportados ao escritório central da empresa.

5.4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE PROJETO NA EMPRESA

O projeto desenvolvido na empresa, que foi utilizado para exemplificar a aplicação do SS e que, posteriormente, será criticado à luz do modelo proposto neste trabalho, foi desenvolvido na planta de tintas *spray*. Como já dito, o objetivo específico do projeto era reduzir o custo de manufatura do produto (tubo de tinta *spray*).

Antes da definição da utilização de um projeto SS, foram realizadas reuniões da diretoria com a gerência e supervisão da área de operações da fábrica de *spray*. Estas reuniões que tinham o objetivo de fortalecer a cobrança por resultados, não foram eficazes, pois tudo o que até então a supervisão e gerência da área tinham pensado e realizado, não deram resultados.

Na decisão foi identificada a necessidade de atuação heterogênea, que consiste atuação técnica, operacional e financeira.

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhida e treinada uma equipe de funcionários da empresa, como segue:

Equipe do projeto

O *Champion* escolheu um grupo de trabalho heterogêneo no que diz respeito

às áreas de atuação e especialização de cada membro do projeto, como segue:

- **Champion**

Diretor de Operações.

- **Master Black Belt**

Consultor Externo.

- **Sponsor**

Gerente de Operações.

- **Black Belt**

Supervisor de PCP

- **Green Belts**

Supervisor de Produção

Encarregado de Manutenção

Analista de Vendas Sênior

A implementação do projeto passa, então, a seguir a metodologia DMAIC, cujas fases são a seguir apresentadas.

DEFINE (DEFINIR)

A finalidade desta fase é definir claramente o problema e seu impacto no cliente final, seja ele operacional ou financeiro, sendo assim, foi identificado que a maior oportunidade era o custo.

A ferramentas utilizadas nesta primeira fase foram os dados internos da empresa, objetivos, dados financeiros, metas, dados dos clientes, desenho do macro-processo prioritário.

Objetivo do projeto

Foi identificado pela diretoria e pelo grupo SS a necessidade de reduzir o custo de manufatura com foco no processo de envase.

a) Indicador operacional

Para medir a eficácia do projeto, foi definido como indicador de custo R\$ / Tubo, pois a tinta é envasada em tubo.

b) Matriz de Causa e Efeito

A matriz de causa e efeito foi utilizada para verificar os requisitos que compõem as prioridades para o cliente e seu grau de importância.

c) Diagrama de Causa e Efeito

Para a apresentação da relação entre o resultado do processo de envase e os fatores que o influenciavam, foi utilizada a ferramenta “Diagrama de Causa e Efeito”. A finalidade era expandir a gama de informações e identificar corretamente suas principais causas e poder realizar ações para eliminá-las.

Nesta fase identificou-se as horas-extras como a maior causa para o custo.

MEASURE (MEDIR)

O grupo do SS desenvolveu nesta fase a descrição do desempenho do processo atual de forma quantitativa, e identificou quais *inputs* são chave para o processo. Foi levantada e identificada a quantidade produzida no período de janeiro a dezembro de 2005 por linhas de envase, além disso, foi desenhado o layout atual, bem como o levantamento de todas as perdas de produção e suas causas.

Erro!

| Mês | Vendas (Tubos) | Produção (Tubos) | Custo | | Despesa Operacional (R\$) | Overhead (R\$) | Custo Médio Unitário (R\$) | Custo Total (R\$) | Paradas p/ Manutenção (Tubos) | | Setup (Tubos) | | Back Orders (Tubos) | | Mesa Cheia (Tubos) | Total Perdas (Tubos) |
|--------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--|-----------------------|-------------------------|
| | | | Matéria-Prima (R\$) | Total (R\$) | | | | | Manutenção (Tubos) | Setup (Tubos) | Orders (Tubos) | Mesa Cheia (Tubos) | | | | |
| Janeiro | 471.043 | 594.197 | 648.673,23 | 148.549,25 | 545.936,77 | 0,250 | 2,01 | 1.194.610,00 | 188.330 | 76.260 | 33.945 | 16.585 | 295.120 | | | |
| Fevereiro | 650.035 | 597.300 | 855.258,12 | 149.325,00 | 719.802,88 | 0,250 | 2,64 | 1.575.061,00 | 147.746 | 87.265 | 42.563 | 12.865 | 290.439 | | | |
| Março | 762.571 | 746.920 | 1.016.447,67 | 186.730,00 | 855.463,33 | 0,250 | 2,51 | 1.871.911,00 | 121.830 | 112.530 | 97.340 | 21.855 | 353.555 | | | |
| Abril | 357.413 | 597.808 | 485.442,54 | 149.452,00 | 408.558,46 | 0,250 | 1,50 | 894.001,00 | 97.650 | 116.287 | 44.740 | 16.430 | 275.107 | | | |
| Maior | 370.930 | 300.996 | 517.394,29 | 75.249,00 | 435.449,71 | 0,250 | 3,17 | 952.844,00 | 51.925 | 138.997 | 44.640 | 8.680 | 244.242 | | | |
| Junho | 637.908 | 459.276 | 844.434,50 | 114.819,00 | 710.693,50 | 0,250 | 3,39 | 1.555.128,00 | 51.770 | 97.820 | 32.240 | 4.650 | 186.480 | | | |
| Julho | 500.188 | 528.402 | 650.621,51 | 132.100,50 | 547.576,49 | 0,250 | 2,27 | 1.198.198,00 | 61.225 | 65.627 | 33.945 | 12.555 | 173.352 | | | |
| Agosto | 566.173 | 619.908 | 725.136,86 | 130.180,68 | 610.290,14 | 0,210 | 2,15 | 1.335.427,00 | 121.520 | 89.280 | 57.040 | 4.495 | 272.335 | | | |
| Setembro | 580.544 | 646.572 | 734.685,52 | 135.780,12 | 618.326,48 | 0,210 | 2,09 | 1.353.012,00 | 69.440 | 102.765 | 33.170 | 26.505 | 231.880 | | | |
| Outubro | 608.265 | 530.808 | 782.762,74 | 111.469,68 | 658.789,26 | 0,210 | 2,72 | 1.441.552,00 | 298.840 | 87.265 | 35.340 | 3.565 | 425.010 | | | |
| Novembro | 694.310 | 682.758 | 874.258,24 | 157.034,34 | 735.793,76 | 0,230 | 2,36 | 1.610.052,00 | 157.215 | 95.635 | 94.705 | 930 | 348.465 | | | |
| Dezembro | 588.580 | 636.894 | 738.506,06 | 146.485,62 | 621.541,94 | 0,230 | 2,35 | 1.360.048,00 | 131.595 | 95.790 | 20.770 | 8.990 | 257.145 | | | |
| Total | 6.787.960 | 6.941.839 | 8.873.621,29 | 1.637.175,19 | 7.468.222,71 | 0,236 | 2,43 | 16.341.844,00 | 1.479.086 | 1.165.521 | 570.438 | 138.105 | 3.353.150 | | | |

| | | | | |
|---------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|
| Total | 44,1% | 34,8% | 17,0% | 4,1% |
| Horas-extras | 77.692,05 | | | |

| | | | | |
|---------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|
| Total | 44,1% | 34,8% | 17,0% | 4,1% |
| Horas-extras | 77.692,05 | | | |

Nesta segunda fase foram utilizadas ferramentas como análise do sistema de medição, cálculo de capacidade do processo atual e ferramentas estatísticas básicas.

A Tabela 9 apresenta os dados levantados na fase *Measure* pelo grupo SS no projeto.

a) Nível de produção

Levantamento e quantificação da produção no período de janeiro a dezembro de 2005.

b) Nível de produção dividido em turnos

Para que o grupo pudesse detalhar de forma consistente, ilustrar e entender melhor o processo, os dados foram separados por linhas de envase e turnos.

TABELA 10- PRODUÇÃO POR TURNO

| PRODUÇÃO DE 01/2005 À 12/2005 - POR TURNO | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| MÊS | LINHA 01 DIA | LINHA 01 NOITE | LINHA 02 DIA | LINHA 03 DIA | LINHA 04 DIA |
| JANEIRO/05 | 167.349 | 147.123 | 142.182 | 137.543 | 0 |
| FEVEREIRO | 179.490 | 156.030 | 116.478 | 139.506 | 5.796 |
| MARÇO | 214.578 | 209.238 | 158.740 | 161.580 | 2.784 |
| ABRIL | 186.054 | 167.046 | 74.118 | 165.310 | 5.280 |
| MAIO | 159.150 | 29.484 | 45.960 | 62.430 | 3.972 |
| JUNHO | 238.446 | 0 | 110.748 | 108.738 | 1.344 |
| JULHO | 228.282 | 0 | 128.916 | 160.704 | 10.500 |
| AGOSTO | 244.902 | 0 | 175.278 | 188.556 | 11.172 |
| SETEMBRO | 214.314 | 137.466 | 105.504 | 183.738 | 5.550 |
| OUTUBRO | 181.980 | 118.014 | 119.892 | 89.610 | 21.312 |
| NOVEMBRO | 182.184 | 179.208 | 153.810 | 155.802 | 11.754 |
| DEZEMBRO | 198.882 | 133.902 | 110.784 | 186.840 | 6.486 |
| TOTAL PRODUZIDO | 2.395.611 | 1.277.511 | 1.442.410 | 1.740.357 | 85.950 |

Somando-se o total da produção anual de todas as linhas de envase, chega-se a 6.941.839 tubos/ano, porém a única linha que trabalha dois turnos é a Linha 01, esta linha é semi-automática na colocação de atuadores e tampas.

Causas de perda de produção

Após todo o mapeamento e levantamento de dados sobre as causas de perda de produção, foi necessária a separação em quatro categorias e para padronização em unidade de medida foi utilizada a medida em tubos, seguem os grupos, que estão presentes na tabela 9.

1. Manutenção – todas as paradas da linha por motivo de manutenção corretiva nas linhas de envase.
2. *Setup* – todo o tempo gasto na preparação das linhas ou trocas de produtos.
3. BOs – *back-orders*, referentes aos produtos que estavam em atraso.
4. Mesa Cheia – todo o tempo gasto aguardando a liberação da mesa de encaixotamento, devido ao atraso dos funcionários que encaixotam manualmente.

Após esta separação para facilitar o entendimento e visualizar prováveis *gaps*, o grupo desenvolveu uma Tabela que apresenta a quantidade de tubos que deixaram de ser produzidos no período de janeiro a dezembro de 2005, devido às perdas, é apresentada a seguir, na Tabela 11.

TABELA 11- PERDAS DE PRODUÇÃO

| MÊS | PRODUÇÃO DE 01/2005 A 12/2005 | | | | PERDAS | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|--------|
| | MANUT. | SETUP | BO'S | M. CHEIA | TUBOS | REPRES |
| JANEIRO/05 | 168.330 | 76.260 | 33.945 | 16.585 | 295.120 | 33,2% |
| FEVEREIRO | 147.746 | 87.265 | 42.563 | 12.865 | 290.439 | 32,7% |
| MARÇO | 121.830 | 112.530 | 97.340 | 21.855 | 353.555 | 32,1% |
| ABRIL | 97.650 | 116.287 | 44.740 | 16.430 | 275.107 | 31,5% |
| MAIO | 51.925 | 138.997 | 44.640 | 8.680 | 244.242 | 44,8% |
| JUNHO | 51.770 | 97.820 | 32.240 | 4.650 | 186.480 | 28,9% |
| JULHO | 61.225 | 65.627 | 33.945 | 12.555 | 173.352 | 24,7% |
| AGOSTO | 121.520 | 89.280 | 57.040 | 4.495 | 272.335 | 30,5% |
| SETEMBRO | 69.440 | 102.765 | 33.170 | 26.505 | 231.880 | 26,4% |
| OUTUBRO | 298.840 | 87.265 | 35.340 | 3.565 | 425.010 | 44,5% |
| NOVEMBRO | 157.215 | 95.635 | 94.705 | 930 | 348.485 | 33,8% |
| DEZEMBRO | 131.595 | 95.790 | 20.770 | 8.990 | 257.145 | 28,8% |
| TOTAL DE PERDAS | 1.479.086 | 1.165.521 | 570.438 | 138.105 | 3.353.150 | |
| TOTAL DE PERDAS (%) | 32,6% | | | | | |
| CAUSA DAS PERDAS (%) | 44,1% | 34,8% | 17,0% | 4,1% | | |
| | | TOTAL | 3.353.150 | TUBOS | | |

Após a confecção da Tabela foi necessário utilizar um gráfico de Pareto que apresenta o percentual das maiores causas de perdas de produção. Estas perdas representam 3.353.150 tubos/ano:

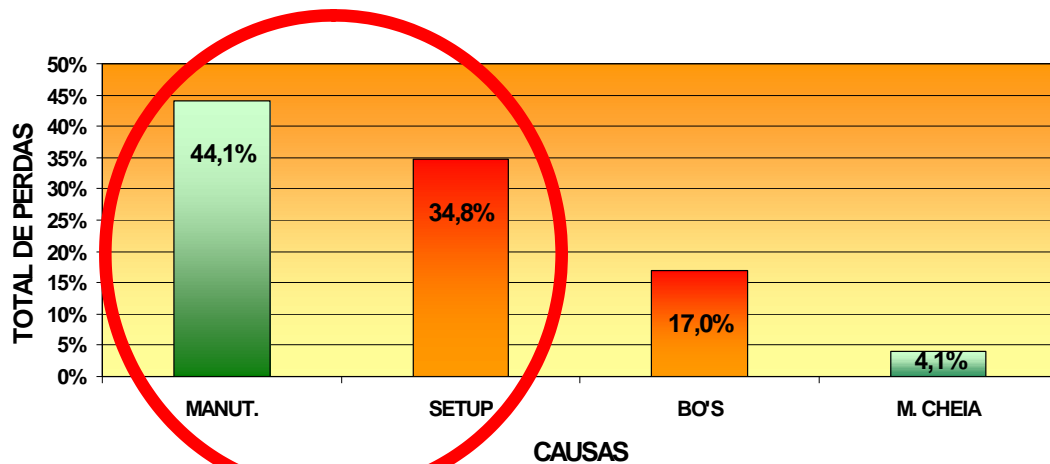


GRÁFICO 2 – PERDAS DE PRODUÇÃO.

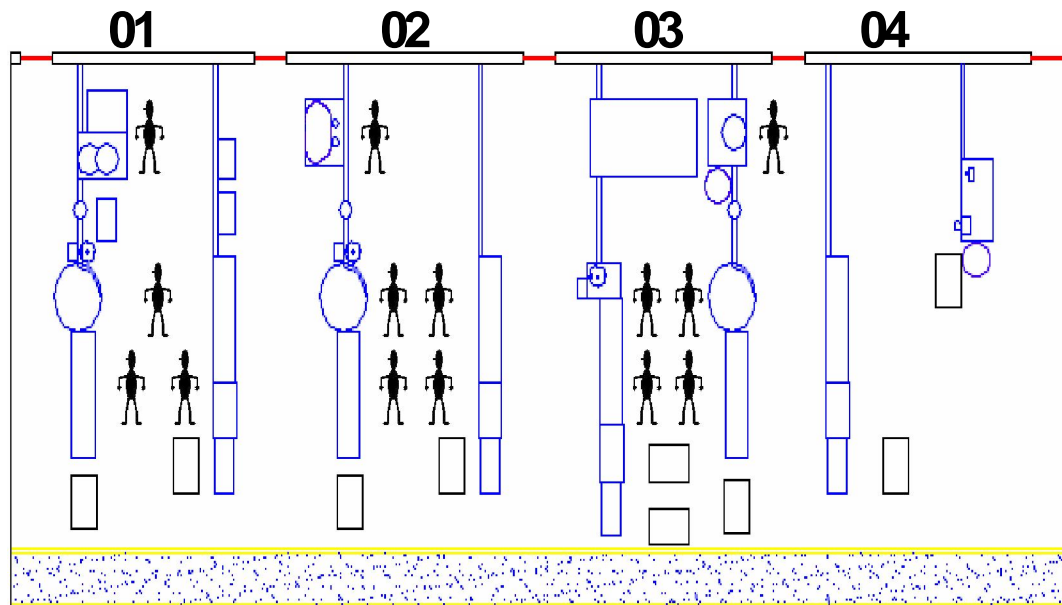
ANALYSIS (ANALISAR)

Nesta fase foram analisados os dados levantados na fase *Measure* para visualizar de uma forma detalhada, as causas das perdas, foi desenhado o *layout* da área envolvida, bem como o posicionamento dos funcionários nas Linhas de Envase.

As ferramentas utilizadas nesta fase foram FMEA (Análise do Modo e Efeito de Falha) e filmagem da área como um todo e as linhas de envase individualmente para discussão do grupo.

a) Layout atual das linhas de envase

Para visualizar e analisar, de uma forma detalhada, as causas das perdas, foi desenhado o *layout* dos funcionários em suas posições de trabalho nas Linhas 01, 02, 03 e 04 de envase. A figura 11 apresenta uma ilustração deste *layout*.



No *layout* apresentado na Figura 11, a Linha 1 tem quatro funcionários, esta linha é semi-automática na colocação de tintas, atuadores e tampas.

As Linhas 2 e 3 têm 5 funcionários em cada uma das Linhas, pois não têm automatização (todo o processo é manual) e a colocação da tinta é gravimétrica.

A Linha 4 não é automatizada e era dedicada a pequenos volumes e produtos especiais. Quando havia necessidade de utilização da mesma, funcionários eram remanejados.

b) Análise das propostas de melhorias

O grupo responsável pela execução do projeto levantou e analisou propostas de melhorias, baseada em medições e trabalhos realizados pela equipe do projeto SS, cujo trabalho resultou na separação das melhorias em três grupos:

1. Automatização
2. Divisão do turno

3. Horas-extras.

Nestes grupos, também foram analisadas as vantagens e desvantagens de cada uma, as quais estão resumidas na Tabela 12.

TABELA 12- PROPOSTAS DE MELHORIAS

| Melhoria | Vantagens | Desvantagens |
|------------------|---|--|
| Automatização | Redução do tempo de setup Redução do custo de mão-de-obra Rápida manutenção Melhor gerenciamento | Custo inicial Tempo de Implantação |
| Divisão do turno | Investimento inicial = zero Implantação rápida Diminuição de setup | Aumento do custo de mão-de-obra Aumento do custo de manufatura Menor agilidade de manutenção Falta de gerenciamento |
| Horas-extras | Investimento inicial = zero Implantação rápida | Aumento do custo de mão-de-obra Aumento do custo de manufatura |

IMPROVE (MELHORAR)

Nesta fase foram desenvolvidas ações nos *inputs* de maior impacto para o processo, bem como o entendimento de como colocá-las em prática. Foram utilizadas ferramentas como plano de ação, manufatura enxuta, cálculo da nova capacidade do processo e, assim, houve a proposição das seguintes ações:

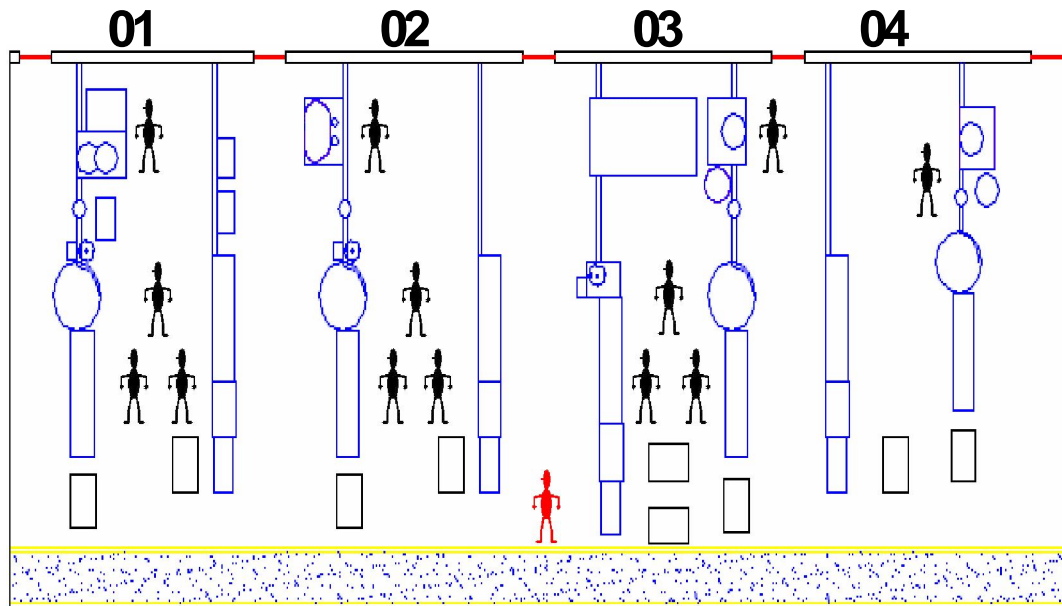
a) Propostas de melhorias

1. Automatização da linha de envase manual apenas para a Linha 02.
2. Para a redução do *setup* e tempos de manutenção, Implantação do TPM (*Total Productive Maintenance*).
3. Para contribuir também para a redução de tempo parado, Implementação de manutenção preventiva.

b) Alteração no processo

Para a alteração no processo, o grupo sugeriu que após a automatização da

Linha 02 de envase manual, seria possível remover um funcionário para fazer *setup* na linha que estivesse parada. De acordo com o projeto sempre haveria uma determinada linha ociosa, ou seja, seria possível fazer manutenção preventiva e *setup*, porque sempre teria uma linha parada aguardando o início de produção, como apresentado na figura 12.



apresentam uma sinalização verde descrita “TINTA” estão carregadas e operando normalmente e a linha que apresenta a sinalização vermelha “*SETUP*”, está parada se preparando para uma nova produção.

Com a alteração no processo as linhas sempre trabalharão com quatro funcionários e resultando na redução do tempo de parada das linhas.

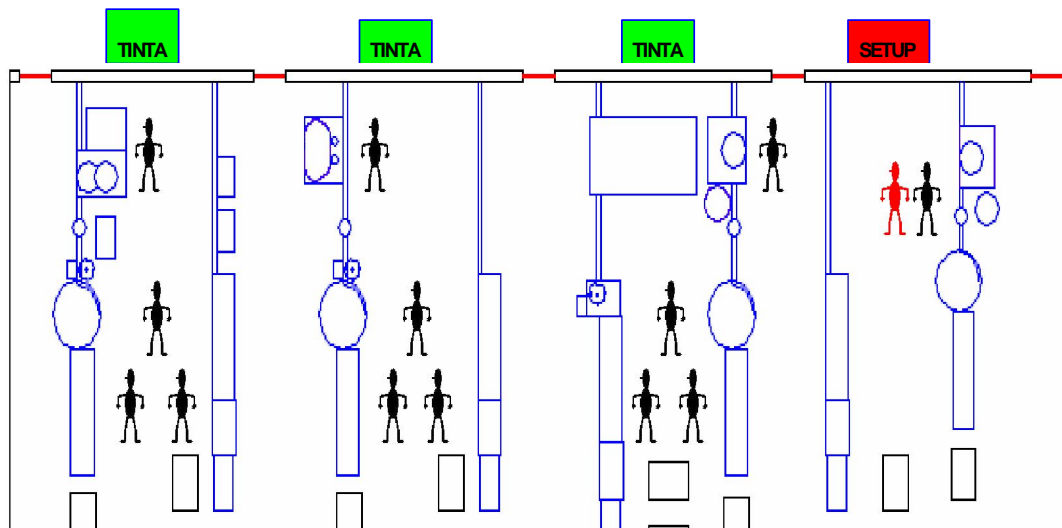


FIGURA 13 – EXECUÇÃO DE SETUP.

c) Reduções

Com as propostas de melhorias implantadas, foi possível reduzir as paradas de máquinas em manutenção e *setup*.

d) Saving (Economia)

Após a execução das melhorias foram calculados os seguintes indicadores:

- o *Saving*
- o Lucro depois dos impostos.
- o Taxa Interna de Retorno
- o *Payback*

Para calcular o *Saving* foi apurado o custo total no ano de 2005 das linhas de envase e também a produção total do mesmo período que está representado na Tabela 9. Também foi calculado o valor de redução das horas-extras sugerido pelo projeto.

Não foi demitido nenhum funcionário das linhas de envase, apenas remanejados de acordo com a proposta de melhoria da fase *Improve*. Porém houve um aumento nas vendas de aproximadamente 7%, o que, ao que parece, segundo o que foi observado no estudo de caso, referia-se basicamente às vendas reprimidas por falta de capacidade. Algum esforço de

marketing e vendas foi, contudo, necessário aqui.

Para que o projeto tivesse sua implantação de forma eficaz, foi investido R\$ 180.000,00 na contratação de uma consultoria para treinamento de funcionários na metodologia Seis Sigma e acompanhamento do projeto, pois o consultor desempenhou a atividade de *Master Black-Belt* e a mesma consultoria também suportou a implantação do TPM. Foram também adquiridas *spare-parts* das máquinas das Linhas de envase.

O cálculo do Saving foi elaborado nos dados apresentados na Tabela 13 e os cálculos de Lucro depois dos Impostos, Taxa Interna de Retorno e *Payback*, foram elaborados com os dados na Tabela 14.

TABELA 13- CÁLCULO DE SAVING

| | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|
| A | Custo Total Mão-de-Obra Anual | R\$ 1.637.175,19 |
| B | Redução de Horas-extras | R\$ 77.692,05 |
| C = (A - B) | Custo Total | R\$ 1.559.483,14 |
| D | Produção Total (Tubos) - 2005 | 6.941.839 |
| E | Projeção de Produção - 2006 | 7.427.767 |
| F = (A / D) | Custo M. O. por tubo | R\$ 0,236 |
| G = (C / E) | Custo M.O. por tubo Projetado - 2006 | R\$ 0,210 |
| H = (F - G) | Saving por Tubo | R\$ 0,026 |
| I = (H x E) | Saving Total | R\$ 192.294,21 |

TABELA 14- CÁLCULO DO LUCRO DEPOIS DOS IMPOSTOS, TIR E PAYBACK

| Lucro Depois dos Impostos | | | | | | |
|---------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | |
| Total de Savings | 192.294 | 192.294 | 192.294 | 192.294 | 192.294 | |
| Lucro Antes dos Impostos | 192.294 | 192.294 | 192.294 | 192.294 | 192.294 | |
| Impostos 35% | (67.303) | (67.303) | (67.303) | (67.303) | (67.303) | |
| Lucro depois dos impostos | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Taxa Interna de Retorno | | | | | | |
| | Ano 0 | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 |
| Investimento | (180.000) | | | | | |
| Lucro depois dos impostos | | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 |
| Net Flow | (180.000) | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 | 124.991 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| TIR | 63,5% | | | | | |
| Payback | 1,44 | | | | | |

CONTROL (CONTROLAR)

Nesta fase foi estabelecido e validado um sistema de medição e controle para medir continuamente o processos, de modo a garantir que a capacidade do processo seja mantida e foram utilizadas ferramentas como a elaboração de novos procedimentos e a implantação do programa TPM.

Também realizada, análise e controle das planilhas do programa TPM, bem como as reuniões sobre produtividade, manutenção, redução de *setup* etc.

5.5. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO SOB A PERSPECTIVA DO MODELO PROPOSTO

O objetivo deste item é fazer uma análise do estudo de caso sob a perspectiva do modelo proposto neste trabalho. A idéia deste tópico é permitir uma ilustração da aplicação do modelo proposto na forma de “o que aconteceria se...”, isto é, que decisões e análises teriam sido feitas de outra forma caso o modelo proposto tivesse sido utilizado.

Para se analisar os dados e compreender como teria sido feita a condução da implementação do projeto SS sob a perspectiva da TOC, estes são identificados e separados em categorias, como seguem:

1ª Categoria – Dados originais do processo em análise.

2ª Categoria – Dados das análises, medições e ações do projeto SS.

3ª Categoria – Dados analisados segundo o modelo aqui proposto.

5.5.1. PRIMEIRA CATEGORIA

Na primeira categoria são considerados os dados apresentados na Tabela 9, cujo seus valores são originais da fase *Measure*, ou seja, sem nenhuma melhoria implementada.

Vale ressaltar que a dificuldade do levantamento das informações referentes à situação atual foi prejudicada pela falta de estrutura de dados na área em que o grupo do projeto SS desenvolveu o estudo, porém, após analisada a necessidade, esta estrutura foi desenvolvida e implementada.

Nesta categoria percebe-se que o principal problema encontrado pelo projeto SS referia-se às paradas de produção, cujos motivos destas eram quebras e paradas inesperadas e falta de organização. Estas perdas representavam 32,6% da capacidade total de produção da planta.

Para tentar suplantar estas variáveis, a administração da planta adotou as horas-extras como medida paliativa, porém, esta medida impactava em um

incremento de R\$ 0,011 no custo de mão-de-obra por tubo (R\$77.692,05 de redução de horas-extras dividido por R\$ 6.941.839, volume de produção de 2005).

5.5.2. SEGUNDA CATEGORIA

Na segunda categoria, foram consideradas as melhorias do processo elaboradas e sugeridas pelo projeto SS e que levou a uma redução das horas-extras em R\$ 77.692,05.

No projeto SS desenvolvido não foi reduzido o quadro de funcionários, sendo assim, ninguém foi dispensado da empresa, apenas foi feito o remanejamento destes funcionários nas Linhas de envase em busca de um processo mais eficiente e produtivo.

Foi identificado que existiam grandes tempos de paradas de máquina por manutenção, causados pela demora no atendimento pelo departamento de manutenção, e falta de *spare-parts* (peças de reposição), fazendo com que houvesse atrasos na produção, causando horas-extras diariamente.

Houve também a necessidade de implementar a manutenção preventiva e o investimento em *spare-parts*.

Não havia parâmetros claros das medições de *setup* para as linhas. Com isto foi necessário utilizar uma ferramenta que tivesse uma abordagem específica para este objetivo, implementou-se o *TPM* e a reorganização da área.

Como apresentado anteriormente na Tabela 13, a redução das horas-extras e o crescimento da produção de aproximadamente 7% causaram um decréscimo de R\$ 0,026 no custo da mão-de-obra por tubo produzido.

5.5.3. TERCEIRA CATEGORIA

Na terceira categoria, o projeto é analisado sob a ótica dos pressupostos da TOC e da utilização do modelo proposto por este trabalho.

Para iniciar esta análise é importante lembrar que toda a decisão baseada na TOC deve ser tomada buscando-se responder qual impacto esta terá sobre as medidas Ganho, Investimento e Despesas Operacionais do sistema como um todo. Além disso, conforme já mencionado, se a meta é “ganhar dinheiro hoje e sempre”, deve-se sempre buscar aumentos de ganho.

O modelo proposto neste trabalho e ilustrado na Figura 8, é composto por cinco passos. Segundo este modelo, o primeiro passo, identificar a restrição do sistema, tem que ser seguido de qualquer forma, pois é a restrição o ponto principal de limitação do ganho da empresa.

No caso da empresa fabricante de tintas em foco, esta não teve uma preocupação formal de identificar sua restrição. No entanto, devido ao elevado nível de horas-extras praticado pela empresa e à dificuldade que esta tinha em atender os níveis de demanda daquele momento, pode-se supor que o projeto SS elaborado tenha de fato atacado a restrição da empresa naquele momento. Em outras palavras, havia falta de capacidade produtiva causada pelas paradas de produção.

Mesmo que naquele momento (antes da implementação do projeto SS), a principal restrição da empresa estivesse no mercado (haveria menos demanda que capacidade de produção), o que parece não ser o caso, as perdas de capacidade por excesso de desperdício poderiam estar fazendo com que surgisse uma situação de restrição iterativa (duas restrições presentes simultaneamente), devido à falta de capacidade protetiva da fábrica.

Partindo-se do pressuposto de ser a falta de capacidade da fábrica uma restrição do sistema, na etapa de exploração da restrição, referente ao segundo passo do modelo, a decisão pela adoção do projeto SS deveria passar pela análise da viabilidade econômica via impacto conjunto sobre o Ganho, Inventário e Despesa Operacional na empresa como um todo.

A Tabela 15 apresenta os dados do projeto SS aqui em referência antes das melhorias executadas, porém, com a visão e análise da TOC como proposto

pelo modelo.

De acordo com os dados obtidos junto à empresa, se está assumindo aqui ser a matéria-prima o único item de Custo Totalmente Variável (CTV) relativo aos produtos da empresa. Em relação à Despesa Operacional, a única variação projetada com a implementação do projeto SS é a redução de horas-extras. Os valores referentes às vendas, CTV, preço unitário do produto e despesa operacional foram extraídas de documentos obtidos junto à empresa.

TABELA 15- IMPACTO NA LUCRATIVIDADE ANTES DO PROJETO SS EM ANÁLISE

| | | |
|-------------|--|-------------------|
| A | Demanda Anual (Tubos) | 6.941.839 |
| B | Preço Unitário | R\$ 4,00 |
| C | Custo Totalmente Variável (CTV) Unitário | R\$ 1,28 |
| D = (A x B) | Vendas | R\$ 27.767.356,00 |
| E = (A x C) | Custo Totalmente Variável (CTV) Total | R\$ 8.885.553,92 |
| F = (D - E) | Ganho | R\$ 18.881.802,08 |
| G | Despesa Operacional | R\$ 7.468.222,71 |
| H = (F - G) | Lucro Anual | R\$ 11.413.579,37 |

O percentual de Ganho em relação às vendas, sem aumento da demanda e sem a redução de horas-extras, é, portanto, igual a 68%.

Na Tabela 16 estão os dados analisados com o aumento de 7% na demanda e com a redução de horas-extras (redução da Despesa Operacional de R\$ 77.692,05), resultantes de todas as melhorias propostas pelo projeto SS.

*TABELA 16- CÁLCULO DO GANHO NA VISÃO DA TOC DEPOIS DO SS E
IMPLEMENTAÇÃO DE TODAS MELHORIAS*

| | | |
|-------------|------------------------------|-------------------|
| A | Demanda Anual (Tubos) | 7.427.767 |
| B | Preço Unitário | R\$ 4,00 |
| C | Custo Matéria-Prima Unitário | R\$ 1,28 |
| D = (A x B) | Vendas | R\$ 29.711.069,20 |
| E = (A x C) | Custo Matéria- Prima Total | R\$ 9.507.542,14 |
| F = (D - E) | Ganho | R\$ 20.203.527,06 |
| G | Despesa Operacional | R\$ 7.390.530,66 |
| H = (F - G) | Lucro Anual | R\$ 12.812.996,40 |

O terceiro passo é subordinar, ou seja, os outros recursos devem trabalhar na velocidade da restrição. De acordo com os dados do projeto, a redução de 50% das perdas de produção por *setup* e de 80% por paradas de manutenção resultou em um aumento da capacidade de produção para 8.707.868 tubos. Porém, a demanda projetada para 2006 foi de 7.427.767, como já dito.

Ao se seguir as premissas do modelo proposto, pode-se afirmar que o projeto SS teria sido implementado em função de sua contribuição para a exploração da restrição. Caso a empresa tivesse identificado a necessidade de se implantar melhorias em algum elemento não-restritivo, com a finalidade de permitir a efetividade da exploração da restrição, este projeto de melhoria estaria, aí sim, associado a esta etapa do modelo proposto. Como ele atacou frontalmente a restrição do sistema, a justificativa pela implementação daquele projeto SS estaria relacionada ao segundo passo do modelo (explorar a restrição do sistema) e não, portanto, ao terceiro.

Com o aumento da capacidade de produção da fábrica para 8.707.868 tubos e sendo a demanda projetada para o ano de 2006 de 7.427.767, fica evidente que a nova restrição da empresa passa a ser o mercado, ou seja, há menos

demanda que capacidade de produção.

Desta forma, apenas para ilustração, caso um novo projeto de melhoria seja sugerido para a fábrica, este só se justificaria sob a ótica da subordinação, isto é, deveria haver uma justificativa, baseada nas variações projetadas nos indicadores de Ganho, Inventário e Despesa Operacional, de que a fábrica não está sendo capaz de se subordinar à restrição mercado.

Como consequência do exposto, o projeto SS em análise, o qual teria sido justificado com a intenção de explorar a restrição de capacidade de produção até então identificada, acabou por fazer mudar a restrição da empresa, a qual passou a ser o mercado (falta de pedidos o suficiente).

Assim, na etapa de exploração alcançou-se também uma elevação da restrição (quarto passo), o que, segundo o modelo, levaria à necessidade de uma nova identificação da restrição da empresa.

Ao comparar as medidas de Lucro Líquido (LL) e Retorno Sobre o Investimento (RSI) nos cenários anteriormente apresentados, tem-se:

✓ **Dados originais do processo em análise (Tabela 15)**

Nesta análise não foi implantada nenhuma das melhorias propostas e não há acréscimo na demanda. O lucro líquido continua o mesmo, qual seja, R\$ 11.413.579,37.

Como não se está ainda neste ponto comparando alternativas de ação, associadas com investimentos, não faz sentido falar-se em RSI aqui.

✓ **Dados analisados pela TOC (Tabela 16)**

Nesta análise foram consideradas todas as melhorias e o acréscimo de demanda de 7%. O lucro líquido passou de R\$ 11.413.579,37 para R\$ 12.812.996,40 e o RSI que é dado pelo lucro líquido sobre o investimento efetuado de R\$ 180.000,00 que resulta em 777%.

O objetivo do modelo proposto é o de fazer a ligação de projetos SS, e suas conseqüentes melhorias locais, com a lucratividade da empresa. Com isto, as iniciativas SS se tornam mais eficazes e rápidas.

A Tabela 17 apresenta as variações no ganho, na despesa operacional, no investimento e, portanto, o RSI, alcançadas com a implementação do projeto SS.

TABELA 17- CÁLCULO DE VARIAÇÕES NO GANHO E NO LUCRO

| | | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|
| A | Ganho antes do SS | R\$ 18.881.802,08 |
| | | |
| B | Ganho depois do SS | R\$ 20.203.527,06 |
| | | |
| C | Despesa Operacional antes do SS | R\$ 7.468.222,71 |
| | | |
| D | Despesa Operacional depois do SS | R\$ 7.390.530,66 |
| | | |
| E = (B - A) | Variação no Ganho | R\$ 1.321.724,98 |
| | | |
| F = (D - C) | Variação na Despesa Operacional | R\$ (77.692,05) |
| | | |
| G | Investimento | R\$ 180.000,00 |
| | | |
| H = (E - F)/G | RSI | 777% |

Como já comentado, a abordagem TOC usa três medidas para analisar projetos candidatos a SS. Assim, para tomar a decisão de viabilidade de um projeto SS é necessário quantificar economicamente o impacto deste projeto no Ganho, Inventário e Despesa Operacional e, então, projetar a variação no lucro líquido e no retorno sobre o investimento.

O alto RSI apresentado pela empresa se justifica pelo fato desta ter atacado a sua real restrição. Observando os resultados apresentados na Tabela 17, percebe-se que o projeto SS analisado teve um RSI de 777%, resultante de uma ação que simultaneamente aumentou o Ganho da empresa e reduziu sua Despesa Operacional.

Deve-se destacar, portanto, que, ainda que as decisões relativas ao projeto SS em análise não tenham sido tomadas observando-se os pressupostos da TOC e, por conseqüência, do modelo proposto, estas atacavam diretamente a restrição da empresa naquele momento (falta de capacidade de produção). Desta maneira, ao se seguir o modelo aqui proposto, este mesmo projeto SS seria igualmente justificado.

6. Conclusão

Este capítulo apresenta as principais conclusões desta pesquisa e também a sugestão de novas frentes de trabalhos para pesquisadores interessados em desenvolver conhecimentos voltados à aplicação da abordagem da Teoria das Restrições em projetos Seis Sigma.

Primeiramente, deve-se analisar as respostas que esta pesquisa buscou, ou seja, os projetos Seis Sigma proporcionam maiores contribuições aos resultados da empresa se justificados e definidos de acordo com o impacto na rentabilidade da organização como um todo, medidos segundo os indicadores Ganho, Inventário e Despesa Operacional propostos pela TOC.

É necessário destacar que o modelo pressupõe que restrições políticas já foram eliminadas e o modelo trabalha apenas com restrições físicas.

As contribuições aos resultados da empresa somente se realizará se o projeto Seis Sigma identificar corretamente a restrição. No estudo de caso apresentado nesta pesquisa, houve esta identificação, porém, não exatamente porque foram seguidos os passos sugeridos pela TOC e sim, porque a alta administração identificou o número alto de horas-extras e grandes paradas de produção.

Esta identificação e aplicação do projeto SS acabou por explorar a restrição da empresa.

Vale dizer, a partir do que foi exposto, que a contribuição do modelo proposto pode ser assim compreendida:

- a) Ao direcionar as ações em torno da restrição do sistema, o modelo procura garantir altos retornos sobre os investimentos realizados. Ainda que implementações convencionais de projetos Seis Sigma, baseadas em metodologias como a DMAIC, como a ilustrada no estudo de caso apresentado, possam também se voltar à restrição do sistema, seus passos

não enfatizam esta necessidade nem tampouco procuram garantir que isto ocorra de fato;

- b) Ao contrário do que poderia se supor à primeira vista, o modelo proposto não considera que todo projeto SS deva sempre focar a restrição do sistema. De fato, isto ocorreria sempre que projetos SS estivessem justificados pelo segundo (explorar a restrição do sistema) ou quarto (elevar a restrição do sistema) passos do modelo. No entanto, o terceiro passo, relativo à subordinação de elementos não restritivos à restrição do sistema identifica a necessidade de haver uma preocupação permanente com tais elementos não restritivos. O que o modelo indica é que quaisquer melhorias nestes elementos se justifiquem pela incapacidade destes em atender as necessidades de exploração da restrição. Assim, toda melhoria, de forma direta ou indireta, deve-se justificar em torno do papel que a restrição exerce sobre o desempenho do sistema como um todo;
- c) Um terceiro ponto de destaque refere-se ao uso pelo modelo das medidas Ganho, Inventário e Despesa Operacional baseadas na TOC. A intenção é garantir que todo e qualquer projeto Seis Sigma se justifique pelo impacto proporcionado no negócio como um todo, evitando melhorias locais financeiramente injustificáveis. Ainda que, ao se seguir os cinco passos propostos, está-se, de certa forma, garantindo que as ações de melhoria locais se vinculem aos resultados finais do negócio, ter-se medidas apropriadas para mensurar estes resultados é vital. O modelo aqui proposto considera que as medidas propostas pela TOC alcançam esta finalidade.

Desta forma, os benefícios advindos da integração dos requisitos do Seis Sigma com alguns pressupostos baseados na TOC são: maior entendimento das restrições do sistema e de sua importância em termos de desempenho do negócio como um todo, visão sistêmica, rapidez e eficácia na aplicação dos projetos e melhor utilização e programação dos recursos.

Apesar disso, a abordagem sugerida e refletida no modelo aqui proposto não deve ser vista como de fácil implementação, pois sua utilização implica numa

forte mudança cultural trazida pela filosofia TOC.

Uma vantagem da utilização do modelo proposto é que projetos SS podem ser implementados de forma mais efetiva e seus resultados identificados e validados mais facilmente. Acredita-se que a empresa que utilizar as idéias do modelo proposto conseguirá entender melhor os impactos das restrições no negócio e a necessidade de estabelecer um vínculo entre as iniciativas de melhorias e o desempenho do sistema como um todo. Não desperdiçar recursos em esforços de melhoria cujos resultados tenham pouco benefício no desempenho atual da empresa é uma premissa básica da TOC que é acompanhada pelo modelo sugerido neste trabalho.

Neste sentido, um ponto importante que se deve levar em consideração é que, toda empresa é um sistema e que todo sistema tem uma restrição que limita significativamente seu desempenho em relação a sua meta. Desta forma, não conhecer a restrição do sistema impede que melhorias contínuas sejam direcionadas e estejam vinculadas com a meta da empresa.

Como já dito, o modelo está fundamentado na premissa que indicadores de desempenho baseados na contabilidade de custos são insuficientes para apoiar decisões de melhorias de desempenho organizacionais, pois se sustentam na crença que eficiências locais levam ao ótimo local. O rateio de custos, procedimento típico da contabilidade de custos, baseia-se neste pressuposto e, de acordo com os pressupostos TOC, não serve para quantificar e avaliar medidas de otimização local.

Segundo Corbett (2005), a contabilidade tradicional não visualiza a interdependência das partes que formam o sistema, pois pressupõe que administrando todos os departamentos, será administrada toda a empresa. A premissa, considerada falsa para o autor, de que otimizações locais levam indubitavelmente a melhores resultados globais, é uma consequência direta disso.

O importante é que iniciativas de melhorias locais não sejam avaliadas pelo

seu impacto local. Como ilustração, um projeto SS pode permitir reduções dos tempos de processamento, em alguma fase do processo de manufatura, com conseqüentes reduções nos tempos operacionais de mão-de-obra direta. Medidas tradicionais baseadas em custos poderiam levar à conclusão que, com a redução de tempos de mão-de-obra direta, menores seriam os custos desta mão-de-obra e do produto final. Para a TOC, não necessariamente isto seria verdadeiro, pois os custos totais apenas seriam afetados se tais melhorias permitissem reais reduções dos custos de mão-de-obra, advindas da dispensa de funcionários, por exemplo. Nem mesmo o Ganho da empresa seria necessariamente afetado neste caso, a não ser que tal melhoria tivesse sido feita em um recurso com efetiva restrição de capacidade.

Destaca-se também que o uso das medidas Ganho, Inventário e Despesa Operacional adotado pelo modelo deve compreender visões de curto e longo prazos, ou seja, toda a decisão tomada deveria verificar o impacto que esta traz para o negócio como um todo no curto e longo prazos.

Assim, por fim, um ponto importante considerado pelo modelo proposto é que, ao se ter mais de um projeto SS candidato à implementação, o gestor terá a possibilidade de analisar as reais necessidades da organização e priorizar estes projetos em função de indicadores voltados ao negócio como um todo, e não mais por questões de ineficiências locais.

6.1. Sugestões para trabalhos futuros

Para que o modelo aqui proposto possa ser mais bem avaliado, sugere-se que pesquisas futuras o testem em implementações reais de projetos Seis Sigma. Desta forma, alguns pontos podem ser mais bem avaliados:

- Até que ponto as empresas teriam dificuldades em se adaptarem às premissas da TOC adotadas pelo modelo?

- Que mudanças culturais são de fato necessárias para que o modelo possa ser de fato utilizado?

- Qual a percepção dos gestores para com o modelo?

- Qual a percepção dos gestores em relação aos resultados possibilitados pelo modelo?

Respostas a tais perguntas deveriam ser alcançadas identificando algumas empresas dispostas a orientar suas decisões em torno do modelo, detalhando o modelo à alta gerência e aos tomadores de decisão (portanto, a toda a estrutura organizacional voltada a projetos SS), observar todo o processo de transição para a adoção efetiva do modelo e mensurar qualitativa (principalmente em termos comportamentais) e quantitativamente os resultados permitidos pelo modelo.

Referências Bibliográficas

ANTONY, J., CORONADO, R. B.: ***Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program.*** Measuring Business Excellence, 6.4, pp. 20-27, 2002.

ANTONY, J., MAHANTI, J.: ***The integration of lean management and Six Sigma.*** Managerial Auditing Journal, v. 20, n. 7, p. 739-762, 2005.

ANTONY, J., CORONADO, R. B.: ***Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects organizations.*** The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

ANTONY, J., FERGUSSON, C.: ***Six Sigma in the software industry: results from a pilot study.*** Managerial Auditing Journal, v. 19, n. 8, p. 1025-1032, 2004.

ARNHEITER, E., MALEYEFF, J.: ***The integration of lean management and Six Sigma.*** The TQM Magazine, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

BEHARA, R. S., FONTENOT, G. F., GRSHAM, A.: ***Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma.*** International Journal of Quality & Reliability Management, v. 12, n. 3, pp. 9-18, 1995.

BERTO, R. M. V. S., NAKANO, D. N.: ***A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa.*** Revista Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BLACKSTONE, J.H., COX, J.: ***Designing unbalanced lines – understading protective capacity and protective inventory.*** Production Planning and Control, v. 13, 2002.

CHAKRAVORTY, S., ATWATER, J. B.: ***How theory of constraints can be used to direct preventive maintenance.*** Industrial Management, Norcross,

1994.

COOK, D.: "**A simulation comparison of traditional, JIT, and TOC manufacturing systems in a flow shop with bottlenecks**". Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 73-8, 1994.

CORBETT, T.: **Bússola financeira: O processo decisório da Teoria das Restrições**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 2005.

COX III, J. F., SPENCER, M. S.: **Master production scheduling development in a theory of constraints**. Production and Inventory Management Journal, v. 36, n. 1, p. 8-17, 1995.

COX III, J. F., SPENCER, M. S.: **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2002.

DE SORDI, J. O.: **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração**. 1ª edição. São Paulo: Saraiva, 2005.

DETTEMER, H. W.: **Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance**

EHIE, I., SHEU, C.: (2005). **Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study**. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 16, Nº 5, pp. 542-553, 2005.

ECKES, G.,: **A revolução seis sigma**. São Paulo: Campus, 2001.

GIL, A. C.: **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo. Atlas, 2002.

GOLDRATT, E. M. COX, J.: "**A Meta**": **Um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 1997.

GOLDRATT, E. M. COX, J.: **The goal: A Process of ongoing improvement**. Great Barrington, MA: North River Press Publishing Company, 1992.

GOLDRATT, E. M. COX, J.: ***A corrida pela vantagem competitiva***. 6ª edição, São Paulo. Educator, 1989.

GOLDRATT, E.: ***A síndrome do palheiro – garimpando informação num oceano de dados***. 2ª edição. São Paulo: Educator, 1992.

GOLDRATT, E. M.; COX, J: A Meta: ***Um Processo de Melhoria Contínua***. São Paulo: Nobel, 2002.

GUPTA, M. C.: ***TOC-based performance measures and five focusing steps in a job-shop manufacturing environment***. International Journal of Production Research. vol. 40, no. 4, 907–930, 2002.

HARRY, M. J., SCHROEDER, R.: ***Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability***. New York: Quality Progress, 1998.

HARRY, M. J., SCHROEDER, R.: ***Six Sigma: The breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations***. New York: Doubleday, 2000.

HOBBS JR, O. K.: ***Managing JIT toward maturity***. Production and Inventory Management Journal, 1997.

HONG, G. Y., GOH, T. N.: ***Six Sigma in software quality***. The TQM Magazine, Vol. 15, Nº 6, pp. 364-373, 2003.

INGLE, S.; ROE, W.: ***Six Sigma black belt implementation***. The TQM Magazine, Vol. 13, Nº 4, pp. 273-280, 2001.

KEE, R., SCHMIDT, C.: ***A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions***, International Journal of Production Economics 63, 1–17, 2000.

Kuei, C., Madu, C.N.: ***Customer-centric six sigma quality and reliability management***, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 20 No. 8, pp. 954-964, 2003.

LEE, T. N., PLENERT, G.: ***Optimizing Theory of Constraints when new product alternatives Exist***. Production and Inventory Management Journal, 1993.

MABIN, V. J., BALDERSTONE, S. J.: ***The Performance of the Theory of Constraints Methodology Analysis and Discussion of Successful TOC Applications***. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 23, No. 6, Emerald, 2003.

MAHANTI, R., ANTONY, J.: ***Confluence of six sigma, simulation and software development***. Managerial Auditing Journal, Vol. 20, Nº. 7, pp. 739-762, 2005.

MARKONI, M. A., LAKATOS, E. M.: ***Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostras e Técnicas de Pesquisas, Elaboração, Análise e Interpretação de Textos***. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MATTAR, F. N.: ***Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento***. São Paulo: Atlas, 1996.

MATZLER, K.: ***How to delight your customers. Journal of Product & Brand Management***, Santa Barbara, v. 5, n. 2, p. 6-17, mar. 1996.

MAXIMIANO, A. C. A.: ***Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital***. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2005.

MAXIMIANO, A. C. A.: ***Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital***. 6ª edição. São Paulo. Atlas, 2006.

MCMULLEN, T.B.: ***Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System***, St. Lucie Press, Boca Raton, FL, 1998.

MOORE, R., SCHEINKOPF, L.: ***“Theory of Constraints and Lean Manufacturing: Friends or Foes?”***, (Unpublished paper) Chesapeake Consulting, Inc. pp. 1-37, 1998.

MOTWANI, J., KUMAR, A., ANTONY, J.: ***A business process change framework for examining the implementation of six sigma: a case study of Dow Chemicals.*** The TQM Magazine, Vol. 16, Nº 4, pp. 273-283, 2004.

MOURA, R., O.: ***A Programa Seis Sigma: um estudo de caso em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus.*** T&C Amazônia, Ano 2, Nº 5, 2004.

NAVE, D.: ***How to Compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints: A framework for choosing what's best for your organization.*** Quality Progress, Process Improvement, pp. 72-78, 2002.

NOREEN, E., SMITH, D., MACKEY, J.T.: ***A Teoria das Restrições e suas implicações na Contabilidade Gerencial.*** São Paulo. Educator, 1996.

OLIVEIRA, D. P. R.: ***Sistemas, Organização e Métodos: uma abordagem gerencial.*** São Paulo: Atlas, 1995.

PANDE, S. P., NEUMAN, P. R., CAVANAGH, R. R.: ***Estratégia seis sigma.*** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

PORTER, M. E.: ***Competição = On Competition: Estratégias Competitivas Essenciais.*** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

RAHMAN, S.: ***The Theory of Constraints' Thinking Process Approach to Developing Growth Strategies in Supply Chain.*** Working Paper, ITS-WP-02-09, 2002.

RIEZEBOS, J., KORTE, G. J., LAND, M. J.: ***Improving a practical DBR buffering approach using Workload Control.*** International Journal of Production Research. vol. 41, no. 4, 699–712, 2003.

RIPPENHAGENH, C.: ***Integrating manufacturing into the supply.*** Semiconductor International, 2002.

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

RUIZ, J. A.: **Metodologia Científica: Guia para Eficiência nos Estudos**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SCHRAGENHEIM, E. M., DETTMER, H. W: **Manufacturing at Warp Speed**. North Press, 2001.

SIMATUPANG, T.M., HURLEY, S.F. Evans, A.N.: "**Revitalizing TQM efforts: a self-reflection diagnosis based on the theory of constraints**", Management Decision, Vol. 35 No. 10, pp. 746-52. pp. 5-12, 1997.

SLACK, N.: **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SPECTOR, R. E.: **How Constraints Management Enhances Lean and Six Sigma**. Supply Chain Management Review, ABI/INFORM Global, pg 42, 2006.

UMBLE, M.M., UMBLE E., MURAKAMI, S.: **Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: the case of Hitachi Tool Engineering**. International Journal of Production Research. Vol. 44, No. 10, 15. 1863–1880.

UMBLE, E., UMBLE M.: **Integrating the Theory of Constraints into Supply Chain**. Decision Sciences Institute. Annual Meeting Proceedings. 2002.

VERNADAT F. B.: **Enterprise modeling and integration, Principles and Applications**, Chapman & Hall, 1996.

WILSON, P. M.: **Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges**, Advanced Systems Consultants, 2000.

YIN, R. K.: **Estudo de Caso – Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.