

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

**SISTEMÁTICA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NA INDÚSTRIA
MOVELEIRA**

Paulo Ricardo Motta Fagundes

Porto Alegre, 2002

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

**SISTEMÁTICA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NA INDÚSTRIA
MOVELEIRA**

Paulo Ricardo Motta Fagundes

Orientador: Prof. PhD Flávio Sanson Fogliatto

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Denis Borenstein

Prof. Dr. Eduardo Ribas Santos

Prof. Dr. Leonardo Rocha

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia apresentado
ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante**

Porto Alegre, 2002

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Flávio Sanson Fogliatto

PhD. Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof^a. Helena Beatriz Cybis

Coordenadora do Mestrado Profissionalizante em
Engenharia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Denis Borenstein
UFRGS (PPGA)

Prof. Eduardo Ribas Santos
UFRGS (PPGA)

Prof. Leonardo Rocha
UFRGS (PPGEP)

Dedico este trabalho a minha esposa Jane e minha filha Paola, pela paciência, compreensão e incentivo, contribuindo assim, para que esta meta fosse atingida.

Dedico este trabalho à direção e funcionários da empresa Madecenter Indústria de Móveis Ltda, pelo apoio e dedicação aos trabalhos realizados, pois sem os quais este trabalho não se concretizaria.

Agradeço imensamente a meu orientador Flávio Sanson Fogliatto pela paciência e pelo dom de transmitir os conhecimentos adquiridos e assim contribuírem de forma significativa com a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas	X
Resumo	XI
Abstract	XII
1 – COMENTÁRIOS INICIAIS	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	3
1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO.....	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2 – ASPECTOS BÁSICOS DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	6
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	7
2.2 FERRAMENTAS E CONCEITOS NO AMBIENTE DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	9
2.3 ESTRUTURA DA PRODUÇÃO NO CONTEXTO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	13
2.4 VISÃO ESTRATÉGICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	17
3 – ESTOQUES, BALANCEAMENTO E SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E O LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	19
3.1 ESTOQUES E <i>LEAD TIME</i>	19
3.1.1 Tempo de espera	21
3.1.1.1 Tempo de programação da produção.....	21
3.1.1.2 Tempo de espera na fila.....	22
3.1.1.3 Tempo de espera do lote.....	23
3.1.2 Tempo da inspeção	23
3.1.3 Tempo de transporte	25

3.1.4 Tempo de processamento	27
3.2 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO	29
3.2.1 Balanceamento de células de manufatura	29
3.2.2 Balanceamento da quantidade	30
3.2.3 Operação padrão e tempo de ciclo	32
3.3 SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	32
3.4 CÁLCULO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	35
3.4.1 Classificação ABC	37
3.4.2 Lote econômico do ponto de vista do sistema convencional de produção	39
3.4.2.1 Custos diretos.....	39
3.4.2.2 Custos de manutenção de estoques.....	40
3.4.2.3 Custos de preparação para a reposição.....	40
3.4.3 Lote econômico do ponto de vista <i>JIT</i>	41
3.4.4 Limitações do cálculo do <i>EOQ</i>	43
4 – ESTRATÉGIAS E TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	44
4.1 SISTEMÁTICA PARA IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS SEGUNDO SHINGO (1996 e 2000)	44
4.1.1 Estratégias de implantação da <i>TRF</i>	45
4.1.1.1 Visão estratégica da <i>TRF</i>	45
4.1.1.2 Estágios conceituais da <i>TRF</i>	46
4.1.2 Técnicas de implantação da <i>TRF</i>	47
4.2 SISTEMÁTICA PARA IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS SEGUNDO OUTROS AUTORES	51
4.2.1 Sistemática para implantação da <i>TRF</i> segundo Mondem (1983)	51
4.2.2 Sistemática para implantação da <i>TRF</i> segundo Harmon & Peterson (1991) ..	52
4.2.3 Sistemática para implantação da <i>TRF</i> segundo Black (1998)	53
4.2.4 Sistemática para implantação da <i>TRF</i> segundo Kannenberg (1994)	56
4.3 APLICAÇÕES DO <i>SMED</i> NA INDÚSTRIA	57
4.4 ANÁLISE CRÍTICA DAS SISTEMÁTICAS PROPOSTAS E APLICAÇÕES REPORTADAS NA LITERATURA	61
5 – PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	65

5.1 ESTÁGIO ESTRATÉGICO.....	67
5.1.1 Convencimento da alta gerência.....	67
5.1.2 Definição de metas.....	68
5.1.3 Escolha da equipe de implantação.....	69
5.1.4 Treinamento da equipe de implantação.....	71
5.1.5 Definição da estratégia de implantação.....	72
5.2 ESTÁGIO PREPARATÓRIO.....	73
5.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado.....	73
5.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado.....	73
5.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada.....	74
5.3 ESTÁGIO OPERACIONAL.....	74
5.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada.....	74
5.3.2 Identificação das operações internas e externas do <i>setup</i>.....	75
5.3.3 Converter <i>setup</i> interno em externo.....	75
5.3.4 Praticar a operação de <i>setup</i> e padronizar.....	76
5.3.5 Eliminar ajustes.....	77
5.3.6 Eliminar o <i>setup</i>.....	77
5.4 ESTÁGIO DE CONSOLIDAÇÃO.....	78
5.4.1 Consolidação da <i>TRF</i> em todos os processos da empresa.....	78
6 – ESTUDO DE CASO.....	81
6.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA.....	81
6.2 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA.....	85
6.2.1 Estágio estratégico.....	85
6.2.1.1 Convencimento da alta gerência.....	85
6.2.1.2 Definição de metas.....	86
6.2.1.3 Escolha da equipe de implantação.....	86
6.2.1.4 Treinamento da equipe de implantação.....	87
6.2.1.5 Estratégia de implantação.....	88
6.2.2 Estágio preparatório.....	89
6.2.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado.....	89
6.2.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado.....	91
6.2.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada.....	92

6.2.3 Estágio operacional	94
6.2.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada.....	94
6.2.3.2 Identificação das operações internas e externas do <i>setup</i>	100
6.2.3.3 Converter <i>setup</i> interno em externo.....	101
6.2.3.4 Eliminar ajustes.....	105
6.2.3.5 Praticar a operação de <i>setup</i> e padronizar.....	105
6.2.3.6 Eliminar o <i>setup</i>	109
6.2.4 Estágio de consolidação	109
6.2.4.1 Consolidação da <i>TRF</i> em todos os processos da empresa.....	109
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
7.1 CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Custo, quantidade, qualidade e mão-de-obra são as melhorias do Sistema Toyota.....	12
FIGURA 2.2 – A estrutura das operações.....	16
FIGURA 3.1 – Composição do <i>lead time</i> produtivo.....	20
FIGURA 3.2 – Tipos de <i>layout</i>	26
FIGURA 3.3 – Tamanho do lote econômico.....	36
FIGURA 3.4 – Gráfico típico de análise ABC.....	38
FIGURA 3.5 – O lote econômico e a filosofia <i>JIT</i>	42
FIGURA 4.1 – Fluxograma para aplicação das oito técnicas da <i>TRF</i>	50
FIGURA 4.2 – Estágios conceituais e técnicas práticas do sistema <i>SMED</i>	55
FIGURA 4.3 – Incorporação do <i>SMED-ZERO</i> nos estágios conceituais do <i>SMED</i>	58
FIGURA 4.5 – Estágios para implantação da <i>TRF</i>	63
FIGURA 5.1 – Percepção japonesa das funções de melhoria e manutenção voltadas ao processo industrial.....	67
FIGURA 5.2 – Organograma para implantação de uma sistemática de <i>TRF</i>	70
FIGURA 5.3 – Exemplo de formulário para acompanhamento e controle das atividades de implantação da <i>TRF</i>	72
FIGURA 6.1 – Organograma da Madecenter Móveis Ltda.....	85
FIGURA 6.2 – Estrutura da equipe de implantação da sistemática de <i>TRF</i>	87
FIGURA 6.3 – Cronograma de implantação da sistemática de <i>TRF</i> na Madecenter Móveis Ltda.....	88
FIGURA 6.4 – Curva ABC das linhas de produtos da Madecenter Móveis Ltda.....	90
FIGURA 6.5 – Linha de roupeiros RT da Madecenter Móveis Ltda.....	91
FIGURA 6.6 – Fluxo de processos dos roupeiros da linha RT.....	92
FIGURA 6.7 – Furadeira múltipla e seus principais grupos utilizados em operações de <i>setup</i>	94
FIGURA 6.8 – Composição do cabeçote inferior de uma furadeira múltipla.....	95
FIGURA 6.9 – Sistema de regulagem de altura e fixação de brocas em furadeira múltipla	96
FIGURA 6.10 – Desenho de furação da divisão do roupeiro da linha RT.....	97
FIGURA 6.11 – Ficha de <i>setup</i> da operação de furação da divisão do roupeiro linha RT..	98
FIGURA 6.12 – Análise das operações ocorridas no <i>setup</i> de furação da divisão do roupeiro linha RT.....	99
FIGURA 6.13 – Separação das operações de <i>setup</i> interno e externo na furação da divisão do roupeiro linha RT.....	101
FIGURA 6.14 – Mapa de regulagem para furadeira Morbidelli FM 400 da divisão do roupeiro da linha RT.....	103
FIGURA 6.15 – Ficha de <i>setup</i> da segunda operação de <i>setup</i> de furação da divisão roupeiro linha RT.....	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Diferenças entre os Sistema Ford e Toyota de Produção.....	8
TABELA 2.2 – Funções x Regras de utilização do <i>kanban</i>	10
TABELA 4.1 – Estratégias e técnicas para implantação da <i>TRF</i>	62
TABELA 6.1 – Distribuição e representatividade das famílias de produtos Madecenter ...	81
TABELA 6.2 – Tempo disponível e representatividade do tempo de <i>setup</i> dos principais equipamentos da Madecenter Móveis Ltda.....	84
TABELA 6.3 – Distribuição e representatividade das linhas de produtos Madecenter.....	89
TABELA 6.4 – Tempo de <i>setup</i> em furadeiras das peças da linha RT.....	92
TABELA 6.5 – Identificação e codificação das brocas utilizadas na Madecenter Móveis Ltda.....	104
TABELA 6.6 – Técnicas para redução de <i>setup</i> segundo literatura e equipe de implantação.....	106
TABELA 6.7 – Comparação entre a primeira e segunda operações de <i>setup</i>	107
TABELA 6.8 – Tamanho do <i>EOQ</i> antes e depois da aplicação da sistemática de <i>TRF</i>	110

RESUMO

Esta dissertação aborda a implantação de sistemática para Troca Rápida de Ferramentas (*TRF*), através de proposta de implantação elaborada pela revisão da literatura e comprovação prática da sistemática realizada através de estudo de caso aplicado na indústria moveleira.

A Troca Rápida de Ferramentas fornece condições para a redução do tempo de preparação dos equipamentos, possibilitando uma estratégia de produção de lotes de tamanho reduzido. A *TRF* está associada a uma série de ferramentas de melhoria, com ênfase em técnicas de formação de equipes de trabalho e utilização da capacidade criativa destas equipes na melhoria dos métodos existentes.

A presente dissertação apresenta revisão da literatura abordando dois assuntos principais: (i) elaboração de uma sistemática de *TRF*, e (ii) implantação da sistemática em processos da indústria moveleira. A implantação da sistemática ocorre através das seguintes etapas: (i) definição do projeto, (ii) planejamento da implantação, (iii) treinamento em troca rápida de ferramentas, (iv) implantação efetiva, e (v) acompanhamento e consolidação.

Por fim, através dos dados coletados ao longo da implantação, são apresentados resultados comparativos entre situações antes e depois da implantação da sistemática proposta na dissertação. Também são apresentadas conclusões finais e recomendações para trabalhos futuros.

ABSTRACT

This thesis presents the fundamentals of SMED (Single Minute Exchange of Die) Methodology and related concepts. We propose an alternative methodology for exchanging of tools based on literature survey and empirical observations in industrial settings.

Both SMED and alternative methodologies aim at reducing the time needed for equipment setup, minimizing non-productive periods on the shop floor. That in turns enables production strategies of increasingly smaller lot sizes. SMED is based on a number of improvement techniques that emphasize cooperative team work and proposal of creative ways to improve existing processes.

This thesis presents a literature review to support its main objective: proposal of a new SMED procedure that is validated through practical application in an industrial setting. Application reported in this thesis consisted of the following steps: (i) project definition, (ii) planning of activities, (iii) personnel training in SMED, (iv) methodology implementation per se, and (v) follow-up and consolidation.

Finally comparative analysis of results obtained before and after implementing the proposed methodology in the case study is presented. Final conclusions and recommendations for future work close the dissertation.

1 COMENTÁRIOS INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência das empresas no mercado globalizado atual está diretamente ligada à produção de itens com qualidade, rapidez e baixo custo. Em virtude desses requisitos, uma série de estratégias e técnicas foram concebidas nas últimas décadas, com o objetivo de assegurar a qualidade dos processos e produtos e atender ao mercado consumidor nos quesitos de prazo e tamanho do lote de entrega. Uma dessas estratégias que influenciam o prazo e o tamanho do lote de entrega, a Troca Rápida de Ferramentas (*TRF*) ou *Single-Minute Exchange of Die (SMED)*, é o objeto de estudo deste trabalho.

A troca rápida de ferramentas pode ser descrita como uma ferramenta de redução dos tempos de preparação dos equipamentos que possibilita a produção econômica em pequenos lotes. A utilização da troca rápida de ferramentas auxilia a redução dos tempos de atravessamento (*lead times*), possibilitando a empresa resposta rápida diante das mudanças no mercado consumidor. Outra vantagem da troca rápida de ferramentas é a produção econômica de pequenos lotes de fabricação, o que geralmente ocorre com a necessidade de baixos investimentos no processo produtivo (Shingo, 2000). A produção econômica de pequenos lotes possibilita a redução de estoques.

Neste trabalho, descreve-se uma sistemática genérica para implantação da troca rápida de ferramentas. A sistemática é aplicada no processo de manufatura de uma empresa do ramo moveleiro. As estratégias e técnicas para a implantação da troca rápida de ferramentas foram elaboradas a partir de pesquisa realizada em publicações que tratam do assunto. A implantação da troca rápida de ferramentas é ilustrada através de estudo de caso, aplicado na Madecenter Móveis Ltda., empresa do ramo moveleiro, localizada em Bento Gonçalves. A aplicação prática da *TRF* na empresa em estudo consistiu em preparar ambiente favorável à implantação, definir equipes de implantação e limitou-se na aplicação de processo piloto, onde os resultados foram amplamente discutidos e transformados em ferramenta de motivação, visualizando a continuidade do projeto de implantação da *TRF* em outros processos da empresa.

1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA

O *Single-Minute Exchange of Die (SMED)* ou Troca Rápida de Ferramentas (*TRF*) é um sistema no qual a preparação de ferramentas deve ser completada em um tempo inferior a 9 minutos e 59 segundos (Shingo, 2000). Este tempo máximo é relativo, devendo ser tomado como sugestão. O *SMED*, desenvolvido na Toyota Motor Company (Japão) por Shigeo Shingo, é um dos métodos mais efetivos para se alcançar a produção *Just in Time (JIT)*. A adoção do *SMED*, tornou-se um dos principais pilares do Sistema Toyota de Produção (Mondem, 1983).

A redução do tempo gasto em *setup* é condição necessária para a redução do custo unitário de preparação. A redução do custo unitário de preparação é importante por três razões (Harmon & Peterson, 1991): (i) quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação têm tendência de serem grandes, aumentando o investimento em estoques; (ii) as técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros na regulagem dos equipamentos; e (iii) a redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo em operação do equipamento.

A adoção de sistemática de *TRF* reduz a necessidade de capital aplicado em estoque de materiais. A diminuição do número de itens como matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados, resulta em menor necessidade de controle e, conseqüentemente, proporciona redução do custo de controle no chão-de-fábrica. A redução do estoque de materiais diminui a possibilidade de perda pela obsolescência resultante de mudanças no mercado. Em níveis de estoques reduzidos, temos: (i) maiores possibilidades de detecção de problemas relacionados à qualidade dos materiais; (ii) menos movimentação de materiais; e (iii) redução dos estoques intermediários.

A *TRF* é ferramenta importante para obtenção das qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva da empresa em relação ao mercado, considerando-se uma produção *Just in Time*. Na produção *Just in Time*, a redução do *lead time* depende da redução dos estoques intermediários, da sincronização da produção e do tamanho do lote de fabricação. A relação da *TRF* com a produção *Just in Time* está na redução dos lotes de fabricação, o que é função da redução dos tempos de *setup* (Black, 1998).

A busca constante pela satisfação dos clientes, melhoria no prazo de entrega, redução da quantidade de itens do lote de entrega, redução do custo unitário de fabricação e

redução do capital investido em estoques, estão levando alguns setores industriais a otimizarem seus processos. Neste contexto, a adoção de uma sistemática para troca rápida de ferramentas, conforme exemplo de aplicação no Capítulo 6 deste trabalho, pode ser justificada.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é propor uma sistemática genérica para troca rápida de ferramentas na indústria de manufatura.

Além do objetivo principal, existem dois objetivos secundários:

- (i) elaboração da sistemática genérica para troca rápida de ferramentas a partir de revisão bibliográfica sobre *TRF*; e
- (ii) aplicação da sistemática em estudo de caso aplicado na indústria moveleira.

A implantação da *TRF* na empresa em estudo utilizará duas ferramentas auxiliares: (i) cálculo do lote econômico de fabricação antes e depois da aplicação da sistemática de *TRF*; e (ii) classificação ABC para priorização do processo inicialmente a ser abordado no estudo de redução do tempo de *setup*.

1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO

Pelas características do presente trabalho de pesquisa, o método de pesquisa utilizado nesta dissertação é a Pesquisa Ação. No contexto deste trabalho, o problema ou questão proposta é a redução do tempo de *setup* de uma operação em um processo de manufatura através da aplicação de sistemática para troca rápida de ferramentas. Em primeiro lugar, será apresentado estudo teórico através da revisão bibliográfica sobre o assunto *TRF* e, na seqüência, a implantação da sistemática proposta em estudo de caso aplicado na indústria moveleira.

A Pesquisa Ação é um método de pesquisa qualitativo que associa a pesquisa e a prática, assumindo aproximações com a finalidade de resolver problemas e implementar

mudanças dentro de um grupo, organização ou empresa. Os principais passos da Pesquisa Ação são: (a) esclarecer a situação, objetivos e suposições de determinada questão em estudo, (b) coletar dados a respeito da questão, (c) diagnosticar a questão a partir dos dados coletados, (d) executar ações de intervenção a partir do diagnóstico, (e) conhecer melhor o sistema permitindo maior controle do mesmo e (f) acompanhar as melhorias obtidas no sistema (Avison *et al.* 1998).

A presente pesquisa tem início com revisão da literatura abordando dois assuntos principais: (i) aspectos relacionados a um processo de manufatura e sua relação com a *TRF*; e (ii) proposta de uma sistemática genérica de implantação da *TRF* a partir da revisão da bibliografia.

A introdução de uma sistemática de implantação da *TRF* segue as seguintes etapas: (i) definição do projeto, (ii) planejamento da implantação, (iii) treinamento do pessoal operacional da empresa em estudo, (iv) desenvolvimento da implantação efetiva da sistemática de *TRF* e (v) acompanhamento e consolidação.

Finalmente, baseado no referencial teórico e nos dados coletados ao longo da implantação, elaboram-se conclusões, comparando os resultados do tempo gasto na operação de *setup* antes e depois da implantação da sistemática de *TRF*.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em sete capítulos, cujos conteúdos principais são apresentados a seguir.

O primeiro capítulo apresenta introdução ao assunto da *TRF*, assim como a estrutura do trabalho, seus objetivos, a relevância do tema escolhido e a metodologia empregada para o desenvolver o assunto da *TRF*.

O segundo capítulo procura introduzir o assunto da troca rápida de ferramentas, a partir de quatro enfoques diferentes: (i) estabelecer um histórico da *TRF*, observando-se o período e local de início e o desenvolvimento e aplicações no decorrer dos anos até os dias atuais; (ii) comentar sobre a sinergia da *TRF* com outras ferramentas que fazem parte do ambiente *Just in Time (JIT)*; (iii) abordar a influência da *TRF* nos fenômenos de

processamento, inspeção, transporte e espera, que compõe a estrutura da produção; e (iv) discutir a visão estratégica da *TRF*, sob o ponto de vista de diversos autores.

O terceiro capítulo verifica a influência da *TRF* na composição dos estoques e *lead time* produtivo, observando-se esta influência nos tempos de espera, de inspeção, de transporte e de processamento. Definem-se também, os conceitos de balanceamento e sincronização, o cálculo do lote econômico de fabricação e a utilização da classificação ABC como ferramenta de priorização de processos.

O quarto capítulo apresenta sistemáticas para implantação da *TRF*, de acordo com as estratégias e técnicas definidas por cada autor consultado e referenciado na revisão bibliográfica. Este capítulo apresenta também críticas às sistemáticas e casos de aplicação do *SMED* na indústria.

O quinto capítulo apresenta proposta sistemática para implantação da *TRF*, observando-se uma sinergia entre todas as sistemáticas, críticas e casos de aplicação apresentados no Capítulo 4. A sistemática proposta enfatiza a criação de um ambiente favorável à implantação e determinação da operação em que deve ter início o processo de implantação.

O sexto capítulo descreve a implantação da sistemática apresentada no Capítulo 5, apresentando todos os passos conforme seu cronograma de implantação. Estão também apresentados os resultados de redução do tempo de *setup* alcançados com a implantação da sistemática de *TRF*, com avaliação quantitativa segundo a grandeza e importância da redução alcançada, e também o retorno financeiro que a continuidade da implantação poderá trazer a empresa estudada.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho.

2 ASPECTOS BÁSICOS DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

A redução dos tempos de preparação (tempos de *setup*) possibilita a produção de forma econômica de peças em pequenos lotes de fabricação. Esta alternativa torna possível que as fábricas suportem e estejam preparadas para as variações das demandas do mercado. Com a implantação da Troca Rápida de Ferramentas as empresas passam a ter maior flexibilidade, tanto quando da necessidade de mudanças na estrutura dos produtos, como na redução do tempo de atravessamento (*lead time*) na fábrica, ficando mais sensível à necessidade de mudanças no *mix* de fabricação. A medida que é possível trabalhar de maneira econômica em pequenos lotes, é possível também a redução dos estoques de produtos em processo e acabados, havendo assim a redução global dos inventários destes estoques em processo, de produtos acabados e matérias primas.

Algumas vantagens financeiras resultam desta estratégia, em função dos seguintes fatores (Shingo, 2000, pg. VI):

- os baixos tempos de preparação reduzem o tempo de atravessamento das peças;
- o faturamento da empresa será mais uniforme ao longo do mês, principalmente em empresas em que a entrega está vinculada a um *mix* de produtos, onde todo o *mix* deve estar pronto para que a entrega seja realizada;
- menor incidência de penalizações pelos atrasos nas entregas;
- diminuição do número de itens como matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados, resultando numa menor necessidade de controle e, conseqüentemente, de uma redução do custo do controle no chão-de-fábrica;
- menor necessidade de capital de curto prazo para a movimentação da empresa;
- menor risco de perda de material em estoque devido à obsolescência e mudanças no mercado.

A utilização das técnicas relacionadas à Troca Rápida de Ferramentas permite simplificar a preparação de ferramentas e instrumentos, diminuindo a possibilidade de erros nos procedimentos de regulagem e ajuste, reduzindo a amplitude do intervalo de variação relativo a preparação do equipamento, e, conseqüentemente os defeitos provenientes da preparação malfeita (Shingo, 2000).

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

A primeira aplicação documentada da troca Rápida de Ferramentas ocorreu no ano de 1950, com uma proposta de melhoria na eficiência de uma planta industrial japonesa de manufatura de automóveis, realizada por Shigeo Shingo. Nesta empresa ocorreu a primeira redução do tempo de troca de ferramentas (tempo de *setup*), e a identificação de dois tempos de preparação, o tempo de preparação interno ou *setup* interno (aquele realizado obrigatoriamente com a máquina parada) e o tempo de preparação externo ou *setup* externo (aquele realizado com a máquina funcionando).

A partir de 1969, na fábrica da Toyota Motor Company (Japão) a Troca Rápida de Ferramentas passou a ser denominada por *Single Minute Exchange of Die* (troca de ferramentas em tempo inferior a dez minutos), consistindo de uma sistemática que englobava uma série de novas técnicas para a redução dos tempos de *setup*. O *SMED* foi posteriormente adotado por todas as fábricas da Toyota, evoluindo com o passar dos anos e tornando-se um dos principais elementos do Sistema Toyota de Produção (*STP*) (Shingo, 2000).

O Sistema Toyota de Produção evoluiu a partir de dificuldades encontradas na economia japonesa no período pós-guerra. Sua concepção e implementação iniciou logo após a Segunda Guerra Mundial, destacando-se e chamando a atenção de outras empresas no momento da primeira crise mundial do petróleo, no ano de 1973. O conceito inicial do sistema Toyota de Produção estava baseado na eliminação do desperdício. A partir deste momento, iniciou a tendência da produção em pequenos lotes. Foi nesta crise econômica que as outras empresas japonesas começaram a observar os resultados que a Toyota estava alcançando com sua filosofia de eliminação total do desperdício, iniciando os esforços para introduzir este sistema de gestão nas suas próprias empresas (Ohno, 1997).

O *STP* trouxe novos conceitos à Gestão da Produção, especialmente se comparando ao sistema empregado anteriormente na indústria automobilística, o Sistema Ford de Produção, criado por Henry Ford na Ford Motors Company dos Estados Unidos (ver Ohno, 1997, cap. V, pg. 105). A característica principal do fordismo era a produção em massa de peças, em grandes lotes, para evitar as trocas de ferramentas. No Sistema Toyota, a produção de peças ocorre em lotes de tamanho pequeno, viabilizada pela realização de *setups* rápidos.

Existem três diferenças básicas distinguindo o Sistema Toyota do sistema Ford: (i) tamanhos pequenos de lote, (ii) produção de diferentes tipos de produtos em pequena escala e (iii) operações com fluxo contínuo de peças unitárias em todas as etapas da manufatura, desde o início do processo até a montagem final (Shingo, 1996).

TABELA 2.1 – Diferenças entre os Sistemas Ford e Toyota de Produção

Característica	Ford	Toyota	Benefício
1. Fluxo de peças unitárias	Somente na montagem	Interligação desde o início do processo até a montagem final	Ciclos curtos, inventário de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno
2. Tamanho do lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção puxada pela colocação do pedido
3. Fluxo do produto	Produto único (poucos modelos)	Fluxo misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudanças, promoção do equilíbrio de carga homem/máquina

Fonte: Shingo, 1996, p.128

Apesar de algumas diferenças estratégicas, o *STP* não se contrapõe ao Sistema Ford, o *STP* pode ser considerado uma evolução do Sistema Ford, adaptado ao mercado

japonês cuja característica é a produção em massa, em lotes pequenos e com o mínimo possível de estoque. Para adaptar a gerência da manufatura às características do mercado, o *STP* promoveu a adoção da Troca Rápida de Ferramentas, reduzindo os tempos de *setup* e viabilizando a produção em pequenos lotes (Shingo, 1996).

2.2 FERRAMENTAS E CONCEITOS NO AMBIENTE DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O *JIT* (*Just in Time*) é uma estratégia de gerenciamento da produção que preconiza a produção de bens e serviços exatamente no momento em que estes são necessários. A produção antecipada de bens não é desejável por resultar em estoques e, conseqüentemente em custos; a produção atrasada de bens ou serviços faz com que os clientes tenham que esperar, o que também não é desejável. Além do elemento temporal do *JIT*, deve ser adicionada à necessidade de qualidade e eficiência na produção.

Uma definição completa do *JIT* pode ser encontrada em Slack (1997):

“O *Just in Time* (*JIT*) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O *JIT* é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia chave do *JIT* é a simplificação” (Slack, 1997, p. 474).

O *kanban* é um instrumento para o manuseio e garantia da produção *Just in Time*, o primeiro pilar do Sistema Toyota de Produção. O *kanban* é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. No Sistema Toyota de Produção, o *kanban* controla a superprodução, conseqüentemente reduz a necessidade física de espaços e gerenciamento de inventários.

A Tabela 2.2 ilustra as principais funções do *kanban* e como tal função ocorre no processo produtivo (Ohno, 1997):

TABELA 2.2 – Funções x Regras de utilização do *kanban*

FUNÇÕES DO KANBAN	REGRAS PARA UTILIZAÇÃO
1- Fornecer informação sobre apanhar ou transportar	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>kanban</i> no processo precedente.
2- Fornecer informação sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pelo <i>kanban</i> .
3- Impedir a superprodução e o transporte excessivo	Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i> .
4- Servir como uma ordem de fabricação afixada às peças	Serve para afixar um <i>kanban</i> às peças em processo.
5- Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz	Produtos defeituosos não enviados para o processo seguinte.
6- Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques	Reduzir o número de <i>kanbans</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: Ohno, 1997, p. 48

Conforme as funções descritas na Tabela 2.2, de acordo com Mondem (1983), o *kanban* é um sistema de gestão de estoques que controla as quantidades necessárias à produção em todos os processos.

Acompanhando o surgimento do *kanban*, surgiram as células de manufatura. Uma célula de manufatura é uma linha de produção de peças similares quanto à requisitos de ferramentas, tempos de preparo, tempos de ciclo, dispositivos e necessidades de inspeção. No ambiente celular, as máquinas estão próximas umas das outras, não havendo necessidade de dispositivos de espera, como prateleiras de estocagem (Schonberger, 1988).

As células de manufatura, no contexto da Troca Rápida de Ferramentas, buscam o fluxo unitário de peças dentro da célula, ou seja, a estratégia de produção de lotes de tamanho reduzido, buscando o lote unitário de produção.

A partir do *Single-Minute Exchange of Die (SMED)* descrito anteriormente, surgiram outros conceitos na Troca Rápida de Ferramentas, tais como o *OTED (One Touch Exchange of Die)*, onde a troca de ferramenta ocorre em apenas um toque e o *NOTED (Non Touch Exchange of Die)*, que é a troca de ferramentas realizada automaticamente, sem contato manual do operador, através de sistemas automáticos de troca de ferramentas e de peças (Black, 1998).

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é um elemento básico na composição do conceito do *JIT - kanban*, conforme apresentado na Figura 2.1, onde se verifica a redução do tempo de preparação dos equipamentos no contexto de melhorias do Sistema Toyota de Produção.

A *Autonomação (Jidoka em japonês)*, segundo pilar do Sistema Toyota de Produção, pode ser interpretada como o controle autônomo de defeitos. Ela serve de apoio para o *Just in Time* já que impede que peças defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo de produção e interfiram no processo seguinte.

Outros conceitos importantes no Sistema Toyota de Produção, conforme Figura 2.1, estão ligados à flexibilidade da mão-de-obra (*Shojinka* em japonês), definida como a capacidade de variar o número de operários, conforme a variação da demanda e com a oportunidade de participação de todos através de idéias inventivas ou pensamento criativo (*Soikufu* em japonês), procurando idéias com potencial de melhoria dentre todos os operários.

Para a aplicação dos quatro conceitos citados anteriormente (*Just in Time, Autonomação, Shojinka* e *Soikofu*), o Sistema Toyota de Produção estabeleceu os seguintes sistemas e métodos (Mondem, 1983):

1. Sistema *Kanban*;
2. Produção nivelada para adaptar-se às variações de demanda e reduzir inventários;
3. Redução dos tempos de preparação de máquinas para reduzir os tempos de execução da produção;
4. Padronização das operações para a obtenção do balanceamento das linhas de produção;
5. *Layout* de máquinas com operários multifuncionais para a obtenção da flexibilidade na mão-de-obra;
6. Melhorias das operações através de atividades participativas (sistema de sugestões) para a redução de mão-de-obra e aumento da moral dos operários;
7. Controle visual, buscando o controle autônomo de defeitos;
8. Administração funcional promovendo o controle de qualidade e administração dos custos em toda a empresa .

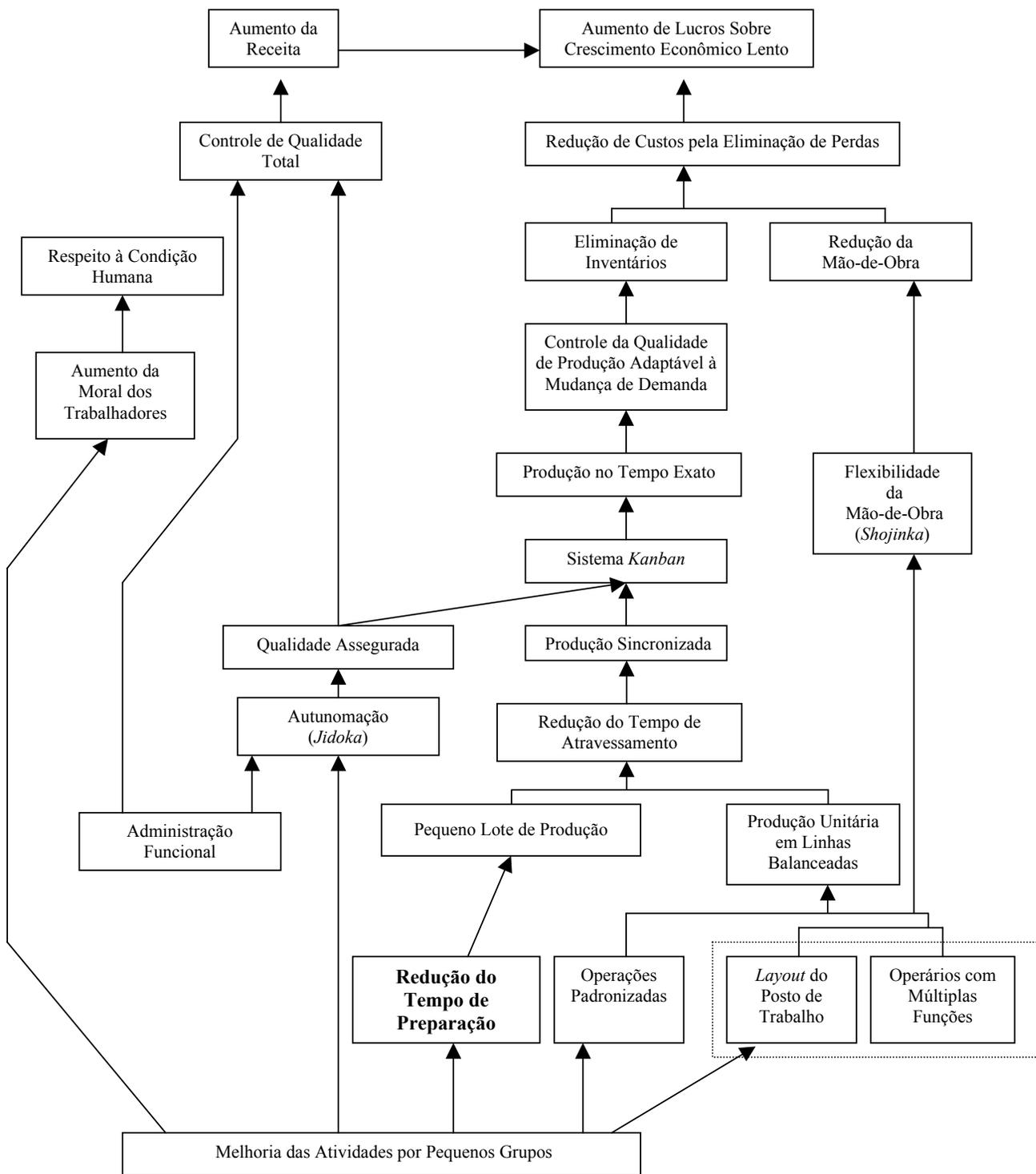


FIGURA 2.1 – Custo, quantidade, qualidade e mão-de-obra são as melhorias do Sistema de Produção da Toyota.

Fonte: Mondem , 1983, p.2

Os princípios e métodos citados acima, são básicos na busca do principal propósito do Sistema Toyota de Produção, que é aumentar os lucros promovendo uma redução dos custos, através da eliminação total dos desperdícios. O conceito de custo abrange os custos de fabricação, administrativos, de capital (inventários) e de vendas. Para a redução destes custos, a produção deve adaptar-se às mudanças na demanda de mercado, sem ocorrência de faltas, produzindo os itens necessários nas quantidades necessárias e no tempo necessário (Mondem, 1983).

2.3 ESTRUTURA DA PRODUÇÃO NO CONTEXTO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

As atividades da produção podem ser representadas por duas dimensões, que formam dois conceitos distintos: processos e operações.

Um processo consiste em um fluxo contínuo de matérias-primas que são convertidas em produto acabado. Em um ambiente de produção, um processo é dividido em quatro fenômenos:

- Processamento: alterações da forma ou matéria, montagem, desmontagem.
- Inspeção: comparação com um padrão.
- Transporte: mudança de local.
- Espera (Estocagem): período de tempo em que nenhum processamento, transporte ou inspeção é realizado no produto.

Dos quatro fenômenos acima, o processamento é a única ação que realmente agrega valor ao produto. A inspeção assegura a qualidade dos produtos processados, mas é uma ação que aumenta o custo. A inspeção deve agir na prevenção dos defeitos e não apenas na descoberta destes. O transporte, assim como a inspeção, aumenta o custo dos produtos, logo deve ser buscada a otimização do *layout* da fábrica para eliminar ou minimizar ao máximo a necessidade de deslocamento dos produtos (Shingo, 1996).

A espera (ou estocagem) faz um papel de pulmão para amenizar os efeitos das variações e incertezas na produção. Esperas devem ser reduzidas ao máximo, eliminando-se

as condições que as causam ou as que as tornam necessárias. Enquanto estocagem, a espera pode ser dividida em quatro categorias (Shingo, 2000):

1. Estocagem de matérias-primas.
2. Estocagem de produtos acabados.
3. Espera do processamento: o lote espera porque o processamento do lote anterior ainda não foi concluído.
4. Espera do lote: os itens do lote não processados esperam pelo processamento do item em processo, até o término do lote.

A operação é uma ação realizada pelo homem, pela máquina ou equipamento em matérias-primas e produtos intermediários ou acabados. A produção é um conjunto de operações e processos, com uma ou mais operações correspondentes a cada etapa do processo (Shingo, 2000).

Os fenômenos de processamento, inspeção, transporte e espera possuem correspondência com as operações, conforme apresentado na Figura 2.2, e podem ser descritos como:

1. Preparação, pós-ajuste: operações realizadas uma vez, antes e após o processamento de cada lote, também denominadas de *setup*.
2. Operações principais (essenciais): operações realizadas em cada peça, dividindo-se em:
 - 2.1 . Operações essenciais: processamento real do material.
 - 2.2 . Operações auxiliares: operações de alimentar ou remover peças das máquinas.
3. Folgas por fadiga: paradas periódicas devido à fadiga.
4. Folgas para higiene pessoal.
5. Folgas na operação: específicas para cada tipo ou característica na operação.
6. Folgas entre operações: intervalo de tempo entre duas operações distintas.

As operações essenciais são aquelas que realmente agregam valor ao produto. Assim, todas as outras operações auxiliares devem ser minimizadas e se possível eliminadas, como um primeiro passo para a melhoria. Um segundo passo consiste de aprimorar continuamente as operações essenciais, buscando sua otimização.

Em cada fase do processo de manufatura existe uma operação correspondente, ou seja, existem operações de processamento, de inspeção, de transporte e de estocagem. Cada operação possui quatro estágios (Shingo, 2000):

- *setup*;
- operações essenciais;
- operações auxiliares;
- folgas marginais.

Em cada estágio acima, há operações de *setup*, essenciais, auxiliares e de folga marginal relacionadas com o processamento, inspeção, transporte e armazenagem, existindo assim, operações de *setup* para processamento, operações de *setup* para inspeção, operações de *setup* para transporte e operações de *setup* para estocagem.

Verifica-se então que as atividades produtivas compreendem processos e operações e que os *setups* existem em todos os tipos de operações. O grande enfoque da Troca Rápida de Ferramentas está nas operações de *setup* no processamento, mas a sistemática conhecida (*SMED*) pode ser aplicada às operações de inspeção, transporte e esperas (Shingo, 2000).

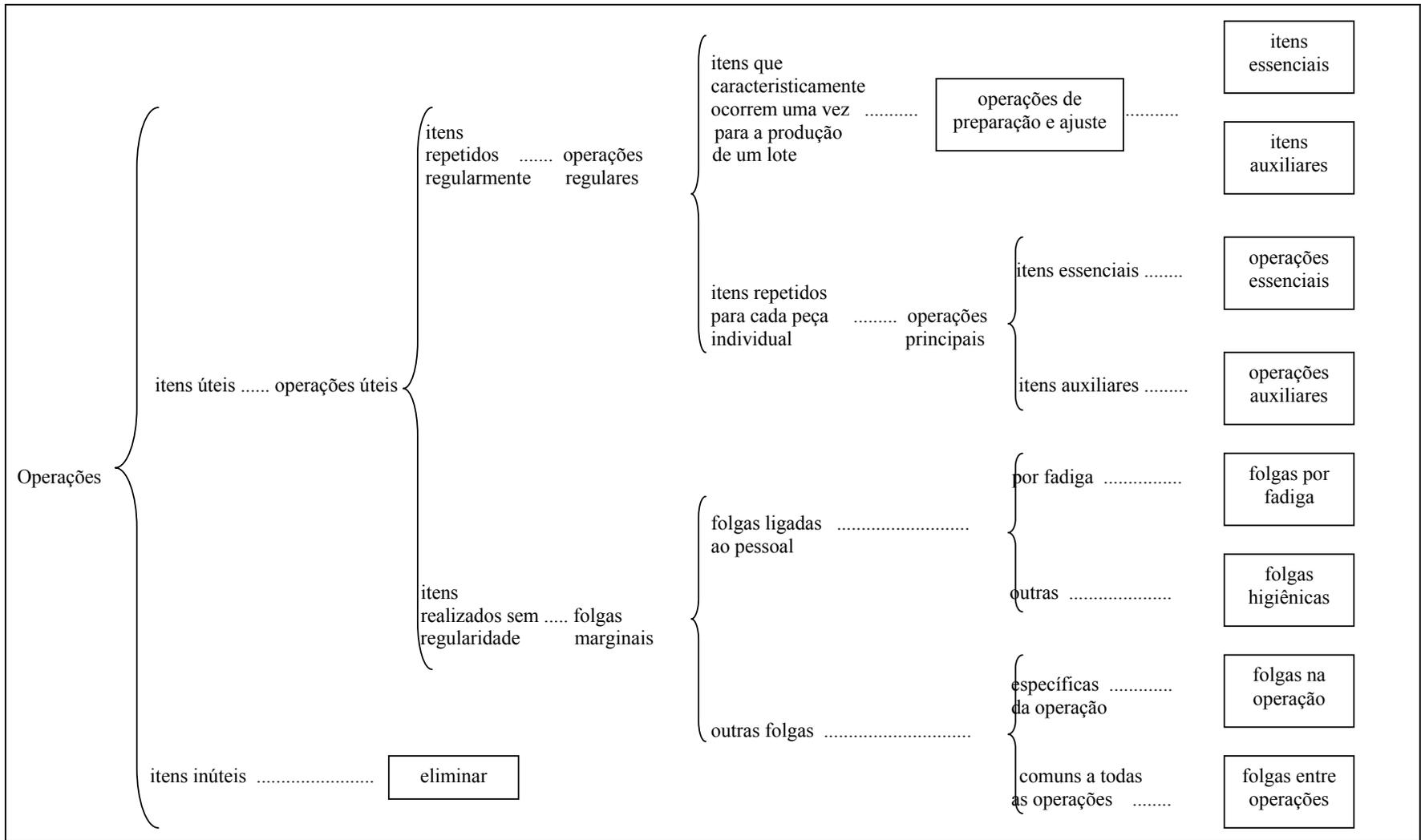


FIGURA 2.2 – A estrutura das operações

Fonte: Shingo, 2000, pg. 3

2.4 VISÃO ESTRATÉGICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O tempo de atravessamento (*lead time*) é um fator diferencial no custeio de um processo de manufatura. O fator tempo poupa custos para a operação e agrega benefícios ao consumidor. As movimentações de materiais através de operações mais rápidas resultam em uma operação mais enxuta e mais produtiva (Garcia *et al.*, 2001). A redução do tempo de atravessamento proporciona uma aproximação entre os requisitos do cliente e a resposta da empresa, dando maior satisfação a este cliente e menor complexidade para a empresa. O tempo ganho é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da manufatura (Slack, 1993).

Nos projetos de sistemas de manufatura estão ocorrendo mudanças significativas, resultado das seguintes tendências (Black, 1998):

1. Aumento do número de variedade de produtos, diminuindo o tamanho do lote.
2. Aumento dos requisitos de qualidade.
3. Aumento da variedade de materiais, materiais complexos, aumentando o número de processos de fabricação.
4. Aumento do custo dos materiais, onde os custos de movimentação e energia continuarão a ser parte principal do custo do produto, e com uma tendência de diminuição do custo da mão-de-obra direta.
5. Aumento na confiabilidade do produto em razão dos esforços de aperfeiçoamento e novas tecnologias.
6. Redução do tempo entre a concepção do projeto e produto fabricado, através da engenharia simultânea.
7. Mercados globais alimentados por produtos globais.

Estas tendências citadas acima requerem algumas respostas nos atuais sistemas de manufatura, tais como:

- Melhorias contínuas nos produtos e conseqüentemente nos sistemas de manufatura.

- Capacitação dos sistemas para a produção de produtos de qualidade superior com custo reduzido e entrega de acordo com a expectativa dos clientes.
- Os sistemas devem ser voltados para a flexibilidade, com características de simplicidade e confiabilidade.

Para chegar a estas respostas, é necessária uma produção de peças em massa mas em pequenos lotes, logo, os equipamentos devem ser projetados e rearranjados de tal forma que os materiais se movam de maneira ágil e rápida de uma operação para outra. A produção em pequenos lotes exige que o tempo de *setup* seja reduzido ou eliminado. Este resultado é alcançado através da Troca Rápida de Ferramentas (Black, 1998).

A Troca Rápida de Ferramentas é essencial para a obtenção das qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva da empresa em relação aos clientes e mercados, principalmente para atingir uma produção *Just in Time*, onde estas qualidades dependem da redução do *lead time*. A redução do tempo de atravessamento depende da redução dos estoques intermediários, da sincronização da produção e do tamanho dos lotes de fabricação. A redução do tamanho dos lotes de fabricação é função da redução dos tempos de *setup*, isto é, possui um grau elevado de dependência da Troca Rápida de Ferramentas.

3 ESTOQUES, BALANCEAMENTO, SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E O LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO

Neste capítulo, discute-se a questão da redução dos diversos tempos que compõe o *lead time* produtivo na busca da flexibilidade, da sincronização, do balanceamento da produção e determinação do lote econômico de fabricação no contexto dos sistemas de produção *Just in Time (JIT)*.

Tubino (1999) define *lead time* produtivo como o somatório dos tempos de espera, processamento, inspeção e transporte (conforme descrito no Capítulo 2), classificando ainda o tempo de espera em: (i) espera para a programação da produção, (ii) espera do lote de produção e (iii) espera em fila enquanto outra peça está sendo processada. O emprego de técnicas de troca rápida de ferramentas (*TRF*) é fundamental para a produção econômica de pequenos lotes e redução dos tempos componentes do *lead time* produtivo.

3.1 ESTOQUES E *LEAD TIME*

Estoque é qualquer quantidade de material armazenada durante determinado intervalo de tempo, para ser usada posteriormente (Russomano, 1995). Estoques são gerados para regular o ritmo entre os fluxos de materiais dos processos, objetivando:

- Cobertura de mudanças previstas no suprimento de materiais e na demanda dos produtos, tais como aumento de preços e campanhas promocionais de venda.
- Proteção contra incertezas, tais como dificuldade de aquisição de insumos e variações não previstas na demanda.
- Possibilidade de fabricação ou compra econômica.

Este conceito se aplica aos sistemas convencionais, onde a velocidade de resposta aos pedidos dos clientes é baixa, logo o sincronismo entre o *lead time* e o prazo de entrega é obtido pela formação de estoques de produtos acabados, componentes ou matérias-

primas. Os fatores listados abaixo demonstram porque tal estratégia é inadequada (Tubino, 1999):

- Estoques não agregam valor ao produto, pelo contrário, constituem uma das principais perdas do processo produtivo.
- Estoques estão baseados em previsões de demanda, as quais podem ou não ser efetivadas.
- Estoques encobrem problemas de qualidade, desperdícios, agindo contra a imediata identificação e resolução destes problemas.
- Estoques impedem, na relação cliente-fornecedor a identificação das reais necessidades dos clientes, sejam eles externos ou internos.

A Figura 3.1 ilustra os grupos de tempos que compõem o *lead time* produtivo de determinado item (Tubino, 1999):

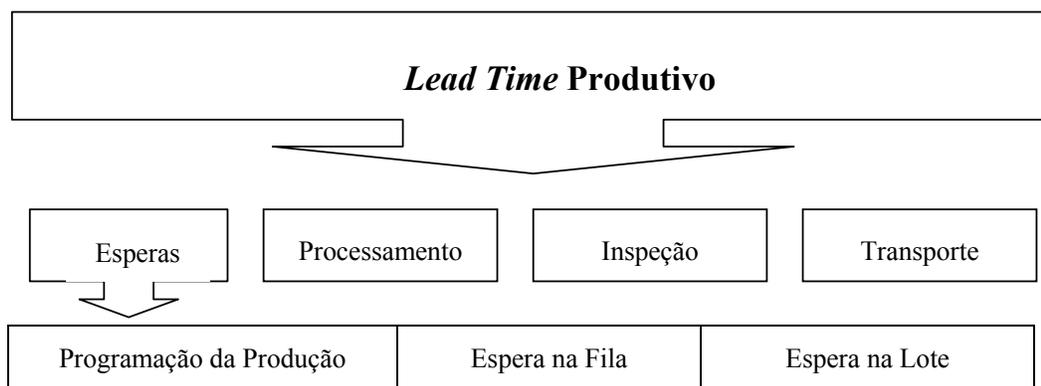


FIGURA 3.1 – Composição do *lead time* produtivo

Fonte: Tubino, 1999, p. 113

Conforme esquematizado na Figura 3.1, existem quatro grupos que compõem o *lead time*: o tempo de espera, o tempo de processamento, o tempo de inspeção e o tempo de transporte. A redução do *lead time* produtivo está relacionada diretamente com o desempenho do sistema produtivo no que se refere a esses tempos. No ambiente *JIT / TQC* (*Total Quality Control* ou Controle da Qualidade Total), as soluções para a melhoria destes tempos são buscadas levando-se em consideração a minimização dos custos e a simplicidade de execução. A seguir descreve-se como as técnicas *JIT* buscam a redução dos tempos que compõem o *lead time* produtivo.

3.1.1- Tempo de espera

O tempo de espera é definido por Shingo (1996, p.281) como sendo um estado no qual o tempo passa sem que haja a ocorrência de processo, inspeção ou transporte, apenas aumentando o custo e não agregando valor ao produto.

O tempo de espera depende do número de operações sofridas por uma peça, pois para cada operação haverá algum ou alguns tipos de espera. A melhoria do tempo de espera depende da melhoria de uma série de técnicas *JIT*, com o objetivo de estabelecer uma lógica de processos de fabricação contínuos e em pequenos lotes (busca do lote unitário). A seguir serão comentados alguns fatores que influenciam e devem ser trabalhados para a melhoria global do tempo de espera .

3.1.1.1 – Tempo de programação da produção

Existem duas sistemáticas principais de programação da produção (Tubino, 1999), o sistema de empurrar e o sistema de puxar o programa de produção.

No sistema de empurrar, parte-se de uma previsão de demanda, monta-se um Plano Mestre de Produção (*PMP*) do qual são geradas ordens de fabricação, montagem ou compra de materiais. Esta sistemática necessita de *software* especializado, onde a lógica está baseada no *Material Requirements Planning (MRP)*. Estes *software* dependem de equipamentos (*hardware*) geralmente de grande capacidade que demandam um tempo de processamento longo, dependendo da qualidade do *hardware* e da quantidade de itens a processar. Outra dificuldade que demanda tempo na montagem do *PMP* é o sequenciamento da produção, por este sistema utilizar recursos idênticos sem visualizar a sua seqüência de utilização. A necessidade de priorizar a seqüência na qual a ordem deve passar primeiro pelo recurso pode ser feita empiricamente ou via *software* específico. A formação de estoques de produtos ou peças, também demandam tempo para a produção e não necessariamente serão solicitados pelo cliente a curto prazo. Logo, nos sistemas de empurrar a produção, o tempo de programação da produção é longo e a variável estoque pode ou não atender às necessidades imediatas do cliente (Tubino 1999).

No sistema de puxar, conforme apresentado no Capítulo 2, a estratégia do *Just in Time* preconiza a produção de bens ou serviços no momento em que estes são necessários, com qualidade e eficiência na produção (Slack, 1997). O conjunto de ferramentas do *JIT*

procura garantir que o período de tempo entre a chegada do pedido e o início da produção seja insignificante. No sistema de puxar a produção, a programação e sequenciamento da produção acontecem junto ao chão de fábrica, onde de fato o processo produtivo se desenvolve.

3.1.1.2 – Tempo de espera na fila

A espera na fila ocorre quando peças são processadas em lotes. Assim, o lote inteiro permanece esperando enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado (Shingo, 1996).

O tempo de espera na fila em um posto operativo é o componente de maior peso nos tempos de espera presentes no *lead time* produtivo. A espera diante de um recurso ocorre devido a três fatores (Tubino, 1999):

- Prioridade no processamento em um recurso e espera do *setup*: ocorre quando o tempo de processamento em um recurso de um lote com item de maior prioridade, mais a soma do tempo de preparação deste item, ocasiona uma espera na fila de entrada neste recurso, no que se refere ao lote seguinte. O tamanho do lote influencia na grandeza do tempo de espera e a redução deste tempo depende da redução do tempo de *setup*, de maneira a tornar econômica a utilização de pequenos lotes.
- Problemas de qualidade: é função das quebras dos equipamentos, falta de qualificação de mão-de-obra, baixa qualidade de produtos recebidos dos fornecedores e não utilização de sistemas de inspeção, verificando os itens defeituosos apenas no final do processo.
- Desbalanceamento entre carga e capacidade: ocorre quando o sistema produtivo possui um recurso que limita a capacidade de produção, denominado de recurso-gargalo. A existência de recursos-gargalo leva à formação de filas (diante destes recursos) e, dependendo do ritmo do gargalo, a existência de ociosidade nos demais recursos dependentes deste gargalo. A identificação dos recursos-gargalo e a programação visando a distribuição de carga para outros recursos evita a formação de filas e o conseqüente aumento do *lead time* produtivo.

3.1.1.3 – Tempo de espera do lote

A espera do lote ocorre quando peças são processadas em lotes. Assim, o lote inteiro, com exceção da peça que está sendo processada, é considerado como estoque, seja o já processado como o não processado, até que todas as peças do lote tenham sido processadas, inspecionadas ou transportadas (Shingo, 1996).

O tempo de processamento do lote é função do tamanho de lote e do tempo de *setup* do posto operativo. A dependência do tamanho do lote faz com que o *lead time* do lote seja a soma de todos os *lead times* unitários, mais o tempo de *setup* do lote.

A solução para eliminar o tempo de espera no lote passa pela utilização do lote unitário de fabricação. A ação que leva a obtenção da produção econômica de um lote unitário é a adoção de técnicas de troca rápida de ferramentas, pois sempre que for possível a obtenção de reduções nos tempos de preparação dos lotes, será possível reduzir proporcionalmente o tamanho deste lote, baixando assim o *lead time* médio dos itens sem afetar a carga total de trabalho no posto operativo.

A *TRF* proporciona a redução ou eliminação do tempo de *setup*, conforme discutido no capítulo anterior e detalhado nos capítulos que seguem. Cabe ressaltar apenas que a redução do tempo de *setup* altera as noções econômicas da produção em lotes, pois itens únicos são produzidos em massa mas em pequenos lotes, o que resulta em grande redução no inventário (Black, 1998).

3.1.2 – Tempo de inspeção

A inspeção é um processo onde há comparação do produto ou serviço produzido com requisitos pré-determinados. Sempre que houver divergência entre o produzido e o especificado, tem-se como resultado a geração de uma anomalia (Ghinato, 1996).

A inspeção pode ser realizada por amostragem ou inspeção 100%. A inspeção por amostragem utiliza uma estratégia de seleção aleatória de amostras, em períodos e quantidades pré-determinados. A inspeção 100% consiste na inspeção de todas as unidades produzidas. A inspeção por amostragem apresenta dois problemas (Tubino, 1999):

- Defeitos podem passar despercebidos pelo sistema de inspeção e o cliente receber itens defeituosos.
- Foco sobre os efeitos do processo e não sobre as suas causas geradoras, o que leva os defeitos a se repetirem.

Um exemplo de técnica de inspeção por amostragem (ou por julgamento) bastante utilizada na indústria é o Controle Estatístico do Processo (*CEP*); para maiores detalhes, ver Hradesky (1989).

A filosofia *JIT / TQC* tem por princípio a produção sem defeitos, conforme descrito no Capítulo 2. Para efetivação deste princípio, recomenda-se substituir a inspeção por amostragem pela inspeção 100% (informativa), assim como atuar nas reais causas geradoras destes defeitos para evitar que estes se repitam. Para tanto, o *JIT* utiliza o conceito de *Autonomação* ou *Jidoka* (construção de mecanismos para prevenir materiais defeituosos na produção em massa, em máquinas ou linhas de produtos), e o conceito dos dispositivos à prova de erros, conhecidos como *poka-yoke* (Mondem, 1983).

A inspeção 100% ou informativa pode ser realizada de três maneiras diferentes (Shingo, 1996):

1. Auto-inspeção: o operador inspeciona os produtos que ele mesmo processa; tal inspeção está sujeita a erros involuntários durante a sua realização.
2. Inspeção sucessiva: o operador inspeciona os produtos que passaram pela operação anterior, antes do início do processamento em seu posto operativo.
3. Inspeção na fonte: previne a ocorrência de defeitos, atuando na origem das condições que influenciam a qualidade da peça; quando o erro é detectado na própria operação, esta inspeção é chamada horizontal; quando o problema é rastreado ao longo do fluxo do processo, esta inspeção é chamada vertical. A inspeção na fonte possibilita a utilização de dispositivos à prova de erros.

Os dispositivos à prova de erros são compostos por um instrumento para detectar a falha, uma ferramenta para restringir a operação ou isolar o item defeituoso e um sistema de sinalização, denominado de *andon*, que serve para sinalizar de imediato o erro e proporcionar a ação imediata do operador.

Conforme o método de detecção empregado, os dispositivos à prova de erros são classificados como (Shingo, 1996):

1. Método do contato: detecta o problema através da utilização de dispositivos que permitem verificar características associadas à forma ou dimensão da peça.
2. Método das etapas: o operador executa uma atividade não especificada no roteiro de produção para garantir a produção da peça sem erros.
3. Método do conjunto: verifica se um conjunto de ações projetadas foram executadas de maneira correta.

A perda pela fabricação de produtos defeituosos influencia na composição do *lead time* produtivo. De acordo com Ghinato (1996), a circulação de produtos defeituosos ao longo do fluxo de produção pode desencadear uma geração de perdas por espera, perdas por transporte, perdas por movimentação, perdas por estoque assim como uma série de outras perdas secundárias.

3.1.3 – Tempo de transporte

O transporte é uma operação que não agrega valor ao produto, sendo considerada como perda, e devendo ser minimizada ou eliminada (Ghinato, 1996).

A diminuição no tempo de transporte geralmente ocorre com a utilização de meios mais eficientes de transporte, como empilhadeiras, dispositivos, correias transportadoras e outros. Tais meios apenas, auxiliam o trabalho do transporte, promovendo a sua redução em termos temporais, mas não resultando em sua eliminação. A real melhoria proposta nos sistemas *JIT* consiste em eliminar a operação de transporte sempre que for possível (Shingo, 1996).

Segundo Tubino (1999), a eliminação das operações de transporte ocorrem com a adoção da produção focalizada, em células de manufatura, focalizadas por tipo de

produto ou processo de fabricação. A melhoria na operação de transporte acontece dentro das células, com a introdução de pequenos lotes de fabricação e a busca do fluxo unitário de peças.

A utilização de células de manufatura tem como meta aumentar a eficiência da produção, para isto dependem do aprimoramento do *layout* dos processos. O enfoque básico de um problema de *layout* é promover a redução dos tempos de transporte. A Figura 3.2 mostra os diferentes tipos de *layout* utilizados na indústria de manufatura (Shingo, 1996):

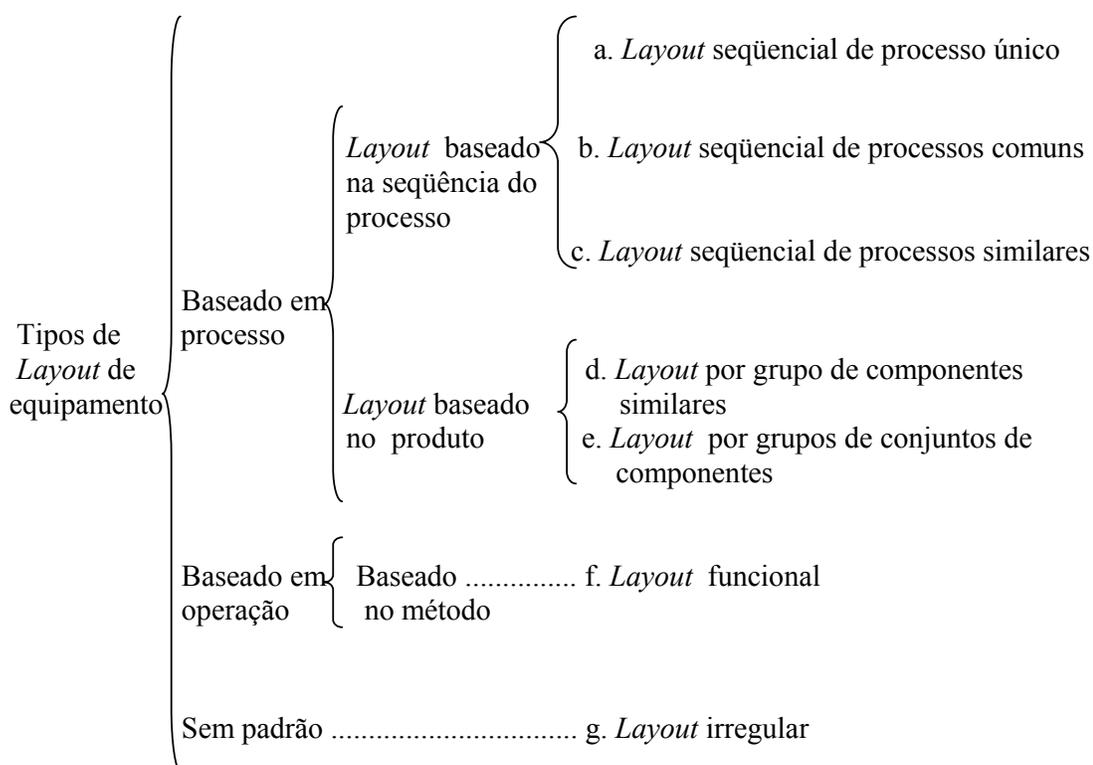


FIGURA 3.2 – Tipos de *layout*

Fonte: Shingo, 1996, p. 273

Esta classificação acima não é a única encontrada na literatura. A classificação de *layout* baseado no processo, de acordo com Black (1998), é considerada como *layout* baseado no produto. O autor propõe a seguinte classificação para *layout*:

- *Layout em linha (flow shop)*: disposição física orientada de acordo com a seqüência de operação do produto; grandes lotes de produção; necessita de equipamento dedicado; altos custos devido à investimentos em máquinas.
- *Layout funcional (job shop)*: disposição física orientada de acordo com o tipo do processo de manufatura; produção de uma grande variedade de produtos; lotes de produção pequenos; equipamentos de uso genérico.
- *Layout de posição fixa (project shop)*: disposição física orientada de acordo com o produto; o produto permanece em posição fixa, devido à seu tamanho ou peso; a mão-de-obra e maquinário são levadas até o produto.
- *Processos contínuos*: disposição física orientada de acordo com o processo; linhas com fluxo de grande volume; processo dedicado; produção contínua do mesmo tipo de produtos.
- *Layout celular*: disposição física com operações e processos agrupados de acordo com a seqüência de produção necessária à fabricação de um grupo de produtos; máquinas dispostas na seqüência do processo; produção de uma peça de cada vez; operadores multifuncionais; máquinas dedicadas de menor custo de aquisição.

No sistema *JIT*, a utilização de algumas ferramentas de melhoria como: otimização do *layout*, utilização do *kanban*, e *TRF*, possibilitam a utilização de pequenos lotes de fabricação. Os lotes reduzidos, conforme visto anteriormente, ajudam na redução do *lead time* produtivo, promovendo assim uma redução nos custos de fabricação.

3.1.4 – Tempo de processamento

O tempo de processamento considerado neste item é o tempo gasto na cadeia de eventos em que a matéria-prima é transformada em produto acabado. Segundo Tubino (1999), o tempo de processamento é o único tempo que realmente agrega valor ao produto, e, para sua otimização, é necessário verificar três aspectos: (i) otimizar os movimentos dos operários, (ii) otimizar os movimentos e operações das máquinas e (iii) substituir a operação manual pela automatizada.

De acordo com Shingo (1996), a melhoria do processamento depende de técnicas de otimização como a engenharia de valor (*EV*) e a análise de valor (*AV*). Tubino (1999) coloca além da engenharia e análise de valor, a engenharia simultânea como ferramenta de otimização do tempo de processamento. A melhoria do tempo de processamento depende de um projeto de produtos e processos de produção que promova a sua simplicidade e eficiência.

O processamento é um esforço combinado entre homens e máquinas, e a melhoria deste depende dos três aspectos citados anteriormente (Shingo, 1996):

1. Melhoria nos movimentos humanos: estudo dos movimentos visando sua otimização ou redução.
2. Melhoria nos movimentos das máquinas: aprimoramento na tecnologia dos equipamentos e sistemas de trabalho, visando maior eficiência.
3. Mecanização dos movimentos humanos: busca a eliminação dos movimentos executados pelo homem, tais como alimentação e descarga, através da adoção de dispositivos automáticos.

Dois aspectos devem ainda ser considerados na melhoria do tempo de processamento (Shingo, 1996):

1. Executar o máximo número de melhorias nos movimentos dentro das operações antes de utilizar a mecanização.
2. Separar as melhorias de equipamentos das melhorias das operações, pois existe a tendência da melhoria dos equipamentos aumentarem o custo do processo.

Dentro do conceito do *JIT*, algumas atividades participativas, como os Círculos de Controle de Qualidade (*CCQ*)¹, as células de manufatura com operadores multifuncionais e a *TRF* são fatores que contribuem na melhoria do tempo de processamento.

¹ *CCQ* ou Círculo de Controle de Qualidade, conforme Falconi (1992), consiste de um grupo de pessoas que buscam identificar e resolver problemas, de maneira voluntária, dentro de uma área específica de trabalho.

3.2 BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO

A produção está balanceada quando um processo produz a mesma quantidade de itens do processo anterior (Shingo, 1996). No *STP*, balanceamento ocorre quando existir um equilíbrio entre carga e capacidade² do processo. Em um ambiente de manufatura celular, balanceamento significa a equalização das quantidades produzidas pelas células de manufatura de peças e componentes com as células de submontagem ou montagem final (Black, 1998).

Em um processo de manufatura, se a capacidade de cada processo não for uniforme, cada processo produzir a capacidade máxima, não haverá balanceamento, ocorrendo assim esperas de processo e esperas de lote. Esta característica induz ao nivelamento do processo global à capacidade do processo mais produtivo. Em um processo *JIT*, este tipo de nivelamento não se aplica, pois o volume necessário é determinado (“puxado”) pelo volume requerido na operação final. Se o volume requerido na operação final for suprido pela operação de menor capacidade, haverá ociosidade no restante do processo, sendo possível a redução das demais capacidades de processamento de todas as operações deste processo global (Shingo, 1996).

3.2.1 - Balanceamento de células de manufatura

No ambiente de manufatura celular, a taxa de produção de uma célula pode ser ajustada através da otimização do próprio processo dentro desta célula ou devido a outros dois fatores (Slack, 1997):

- Variação do número de operadores.
- Variação do número de equipamentos da célula de manufatura.

A otimização destas variáveis se faz necessário para que o tempo de ciclo das peças fabricadas na célula estejam ajustados à nova demanda da operação final.

A montagem da célula interfere sobre o seu balanceamento. Três estratégias de montagem de células são encontradas na literatura (Black, 1998):

² De acordo com Shingo (1996), carga é o volume de trabalho que deve ser executado, e capacidade é a habilidade da máquina e seu respectivo operador em concluir o trabalho.

1. Células focalizadas no produto: são mini-fábricas dedicadas a fabricar um produto, ligadas a uma linha de montagem ou destinadas à redução do estoque.
2. Células focalizadas no processo: são células que fabricam peças similares no processo de fabricação, utilizam as mesmas máquinas, e são desenvolvidas para famílias de peças.
3. Células focalizadas na geometria das peças: as peças fabricadas possuem similaridade de geometria ou dimensão e utilizam um mesmo grupo de ferramentas ou máquinas.

3.2.2 - Balanceamento da quantidade

De acordo com Shingo (1996), o balanceamento da quantidade ocorre quando são produzidas quantidades iguais em cada processo. Para ocorrer o balanceamento da quantidade, é necessário um equilíbrio da capacidade de processamento das máquinas entre os processos, o que geralmente não ocorre. O balanceamento da quantidade pode ocorrer de três maneiras:

1. Balanceamento do processo a partir da operação maior capacidade.
2. Balanceamento do processo a partir da operação de menor capacidade.
3. Balanceamento das quantidades de produção é de acordo com a demanda dos pedidos.

O *STP* emprega a terceira relação, onde o volume de produção atende ao volume da carteira de pedidos. De acordo com este princípio, os processos-gargalo são melhorados somente se a operação de menor taxa de produção não satisfizer a demanda da carteira. Aplicando o balanceamento neste caso, as máquinas com capacidade excedente à demanda operam com velocidade reduzida ou de maneira intermitente.

A determinação da capacidade, através da relação entre capacidade e carga pode ser determinada da seguinte maneira (Shingo, 1996, pg. 158):

$$eq.1 \quad Capacidade = \frac{capacidade - carga}{capacidade}$$

De acordo com a fórmula acima, verificamos que haverá duas possibilidades de interpretação da capacidade:

1. Capacidade maior ou igual à carga: haverá excesso ou equalização entre carga e capacidade, logo, o lote poderá ser processado.

Exemplo:

Capacidade semanal = 40 horas (5 dias x 8 horas/dia)

Carga semanal = 35 horas

$$\text{Excesso de capacidade} = \frac{40 - 35}{40} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ ou } 12,5\%$$

2. Capacidade menor que a carga: haverá falta de capacidade, logo, o lote não poderá ser processado e haverá atraso na entrega, a não ser que promova um redimensionamento do processo ou célula de manufatura.

Exemplo:

Capacidade semanal = 40 horas

Carga semanal = 42 horas

$$\text{Falta de capacidade} = \frac{40 - 42}{40} = \frac{-2}{40} = -0,05 \text{ ou } -5\%$$

Para executar o balanceamento em toda a fábrica, devem se seguidos dois importantes passos (Black, 1998):

- Balancear a quantidade de produção com a quantidade de consumo.
- Ajustar o tempo de ciclo do sistema, equalizando a quantidade de mão-de-obra e igualando os tempos de ciclo de cada célula.

A solução encontrada pelo *STP* para atender a variação da demanda, favorecendo a produção contra-pedido e evitando a geração de estoques é a produção com capacidade flexível³, o que permite à empresa responder de maneira rápida e eficiente as flutuações da demanda (Shingo, 1996). A *TRF* é uma ferramenta fundamental para a produção com capacidade flexível.

³ Conforme Shingo (1996), a produção com capacidade flexível é a capacidade que uma empresa possui de variar o volume de produção, onde o objetivo é uma resposta rápida e eficiente às variações da demanda do mercado.

3.2.3 - Operação padrão e tempo de ciclo

A operação padrão tem por objetivo proporcionar às células de manufatura e operações em geral a utilização de um número mínimo de trabalhadores, com alta produtividade e eficiência, através da utilização de roteiros-padrão. A adoção da operação padrão busca atingir o balanceamento entre todas as operações e processos, verificando o tempo de ciclo da montagem final (Black, 1998).

O tempo de ciclo é o espaço de tempo gasto para a produção de determinado item. A equação abaixo ilustra o cálculo do tempo de ciclo (Black, 1998):

$$eq.2 \quad \text{Tempo de Ciclo} = \frac{\text{Tempo de Operação Efetivo Diário}}{\text{Quantidade de Produção Requerida Diariamente}}$$

A adoção da operação padrão busca também o balanceamento entre todas as operações e processos de acordo com o tempo de ciclo da montagem final e a produção da quantidade mínima de material necessária ao processo de fabricação. A eliminação de quebras, acidentes e defeitos são elementos importantes dentro da operação padrão.

3.3 SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

Conforme o item 3.2, num processo balanceado, todas as operações tem capacidade similar de processamento. O volume de produção balanceado de cada máquina não garante, todavia, a inexistência de estoques no processo; para tanto, além de balanceado, o processo deve estar também sincronizado (Shingo, 1996).

Sincronizar a produção significa ajustar a saída de cada etapa do processo produtivo para garantir as mesmas características de fluxo de produção para cada unidade produzida, à medida que elas avançam entre cada etapa do processo (Slack, 1997). A sincronização, segundo Hall (1988), é uma combinação de ciclos de operações repetitivas, onde o início e fim destes ciclos ocorrem de maneira simultânea, formando um padrão harmônico de trabalho.

De acordo com Black (1998), sincronizar é dar ritmo ao fluxo de material entre operações ou células. Se o processo não for sincronizado, pode ocorrer estocagem de material em processo entre operações.

A sincronização depende do balanceamento do processo. Quando um processo não está balanceado, a sincronização torna-se difícil, pois o balanceamento é um requisito para uma sincronização bem sucedida. A sincronização não deve se realizar em apenas um processo, e sim na seqüência de processos de uma cadeia produtiva (Shingo, 1996).

De acordo com Shingo (1996), as esperas de processo em alguns casos são inevitáveis, devido aos seguintes fatores:

1. Existência de produtos defeituosos: a existência de produtos defeituosos em uma operação gera a fabricação de peças excedentes para a prevenir a falta na operação seguinte.
2. Quebras no equipamento: no caso de paradas por quebra, deve existir um pulmão intermediário para evitar a parada da operação seguinte.
3. Compensação de mudanças do plano de produção: flutuações da demanda que exijam mudança no plano de produção geram necessidade de estoques intermediários.
4. Diferenças entre tempos de operação: processos com diferentes *lead times* que não podem ser balanceados exigem estoques intermediários.
5. Congestionamento: quando uma máquina de grande capacidade abastece diversas máquinas menores ou no caso oposto, quando várias máquinas pequenas abastecem uma máquina de grande capacidade, haverá estoques intermediários e esperas de processo.
6. *Setups* elevados: quando o tempo de troca de ferramentas é elevado, haverá estoques compensadores e esperas de processo. A *TRF* é a ferramenta aplicada para minimização deste tempo e estoque.

De acordo com Antunes (1998), sob o enfoque da Teoria das Restrições, existem seis princípios básicos para atingir a manufatura sincronizada. Alguns destes princípios já estão citados neste item 3.3; os aspectos relevantes que devem ser discutidos, estão listados abaixo:

- A capacidade produtiva da fábrica é a mesma capacidade dos gargalos de produção.
- Os tempos ociosos em um gargalo devem ser iguais a zero.
- As operações que alimentam um recurso gargalo devem estar balanceadas com este recurso, ou seja, devem produzir apenas a capacidade do recurso gargalo.
- Os recursos que não são gargalos devem ser utilizados em sua taxa de produção normal até suprirem o gargalo, após devem estar em espera.
- O lote de transferência não necessita ser igual ao lote de processo.

De acordo com o último item, lote de transferência é a quantidade de unidades que são retiradas em um lote ao mesmo tempo, de um recurso para o recurso seguinte. O lote de processo é a quantidade de produto processada em um recurso antes que sobre ele incida um novo *setup* para iniciar a produção de outro produto.

Ainda sob o enfoque da Teoria das Restrições (ver Goldratt, 1995), Antunes (1998) propõe algumas ações para aumentar a capacidade dos gargalos, e, por consequência, caminhar no sentido da manufatura sincronizada:

- Melhorar os sistemas de alimentação de máquinas.
- Melhorar os tempos de processamento.
- Melhorar a qualidade do sistema.
- Eliminar os tempos mortos nos recursos gargalos.
- Adicionar novos equipamentos nos gargalos.
- Subcontratar parte da produção dos gargalos.
- Utilizar equipamentos alternativos já existentes.
- Estudar a realocação de tarefas dos gargalos para outros equipamentos.
- Melhorar manutenção dos equipamentos.
- Aumentar a produtividade nos recursos gargalos.
- Redução do tempo de preparação de máquinas, ou seja, adoção da *TRF*.

Conforme verificado neste item, a *TRF* é um elemento essencial para atingir-se a sincronização das operações em um sistema produtivo.

3.4 CÁLCULO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO

De acordo com o conceito de estoque no item 3.1, estoque é utilizado para regular o fluxo dos materiais em um processo de manufatura, onde a gestão de estoque de um item depende da natureza da demanda (Russomano, 1995): (i) demanda dependente, (ii) demanda independente.

- Demanda dependente ocorre quando a demanda de um item está associada à demanda de algum outro item, internamente à uma linha de produção, podendo ser vertical (componente necessário a uma operação posterior de montagem), ou horizontal (acessório necessário à composição de um produto).
- Demanda independente ocorre quando não há relacionamento direto com a demanda de outros itens fabricados ou estocados, é função da demanda do consumidor externo.

Conforme Krajewski & Ritzman (1999), o gerenciamento do inventário está sujeito a fatores que determinam a existência de altos ou baixos níveis de inventário. Baixos inventários representam um baixo nível de capital parado dentro da fábrica. A manutenção de baixos inventários está relacionada à uma estratégia de redução dos seguintes custos:

- Custo de oportunidade: o capital investido no estoque impede que a empresa disponibilize os recursos gastos no estoque para investir em alguma oportunidade com retorno maior retorno financeiro.
- Custo de estocagem e manuseio: os estoques requerem área física e, conseqüentemente necessitam de mão-de-obra para transporte, o que aumenta o custo.
- Custo dos impostos e obsolescência: o estoque gera impostos adicionais; os materiais em estoque estão sujeitos a tornarem-se obsoletos devido a mudanças de mercado, pedido ou prazo de validade.

A adoção de níveis de estoques mais elevados, está relacionada a uma estratégia que busca otimizar os seguintes fatores:

- Atendimento ao cliente: a manutenção de estoques pode acelerar o atendimento aos pedidos dos clientes.
- Custo de *setup*: a fabricação de lotes maiores influencia no número de *setups* e, conseqüentemente, diluem o custo da troca de ferramenta.
- Utilização do trabalho e equipamento: um lote maior de fabricação proporciona uma utilização mais constante do equipamento e mão-de-obra.
- Custo de transporte: em alguns casos é mais econômico o transporte de grandes quantidades de produtos.
- Pagamento de fornecedores: a manutenção de estoque proporciona maior poder de barganha na negociação de preço assim como mantém valor investido quando ocorrerem aumentos de preços.

A discussão entre grandes ou pequenos lotes de fabricação, suas vantagens e desvantagens, demonstra que uma produção em grandes lotes geralmente proporciona uma redução dos custos associados a longos tempos de *setup*, mas aumentam o custo final, na medida que aumentam os estoques em processo e produto acabado. A Figura 3.3 representa os efeitos do *setup* (T) em função dos estoques (S). A intersecção das retas no ponto E define o lote econômico de fabricação (Shingo, 2000).

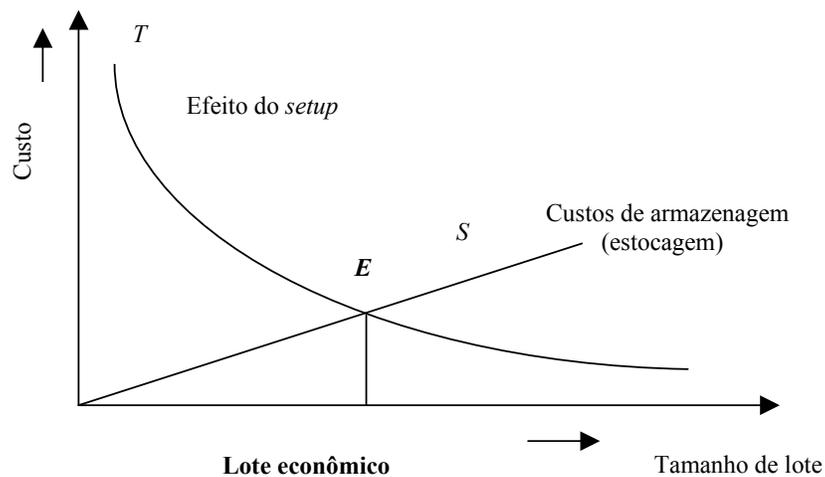


FIGURA 3.3 – Tamanho do lote econômico

3.4.1 - Classificação ABC

A curva ABC é uma ferramenta utilizada na gestão de estoques, para priorizar itens de acordo com o seu volume de consumo e impacto financeiro sobre a empresa. A curva ABC se aplica na diferenciação de itens de estoque, enfocando o seu controle e custo decorrente deste controle. A curva ABC esta baseada no princípio de Pareto, segundo o qual um pequeno número de itens representa uma grande parcela do custo e demanda. Por tratar da parcela mais representativa em termos de valor e importância, a curva ABC auxilia no gerenciamento de estoques, visto que economias conseguidas terão grande repercussão em termos de valores.

A utilização mais comum da curva ABC considera o consumo médio mensal dos itens produzidos e o respectivo custo unitário destes itens, sendo expressa por (Russomano, 1995):

$$eq.3 \quad \text{Valor Mensal} = \text{Custo Unitário} \times \text{Consumo Médio Mensal}$$

A curva ABC, de acordo com Solano & Heineck (1998), é uma ferramenta que também pode ser utilizada para análise de grupos de insumos e fornecedores, fornecendo dados para análise destes insumos quanto à valores e representatividade. Algumas vantagens encontradas nesta aplicação, estão listadas abaixo:

- Definição de uma melhor política de acompanhamento dos principais insumos quanto ao valor.
- Formulação de política efetiva de controle de estoques.
- Controle da variação de preços.
- Criação de histórico de índices de custo para os insumos.
- Criação de índices de acompanhamento inflacionário.

A Figura 3.4, é um exemplo de curva ABC. No eixo das abcissas os itens estão ordenados em ordem crescente de percentual de representatividade em valor e no eixo das ordenadas a quantidade em valor percentual dos itens (Krajewski & Ritzman, 1999):

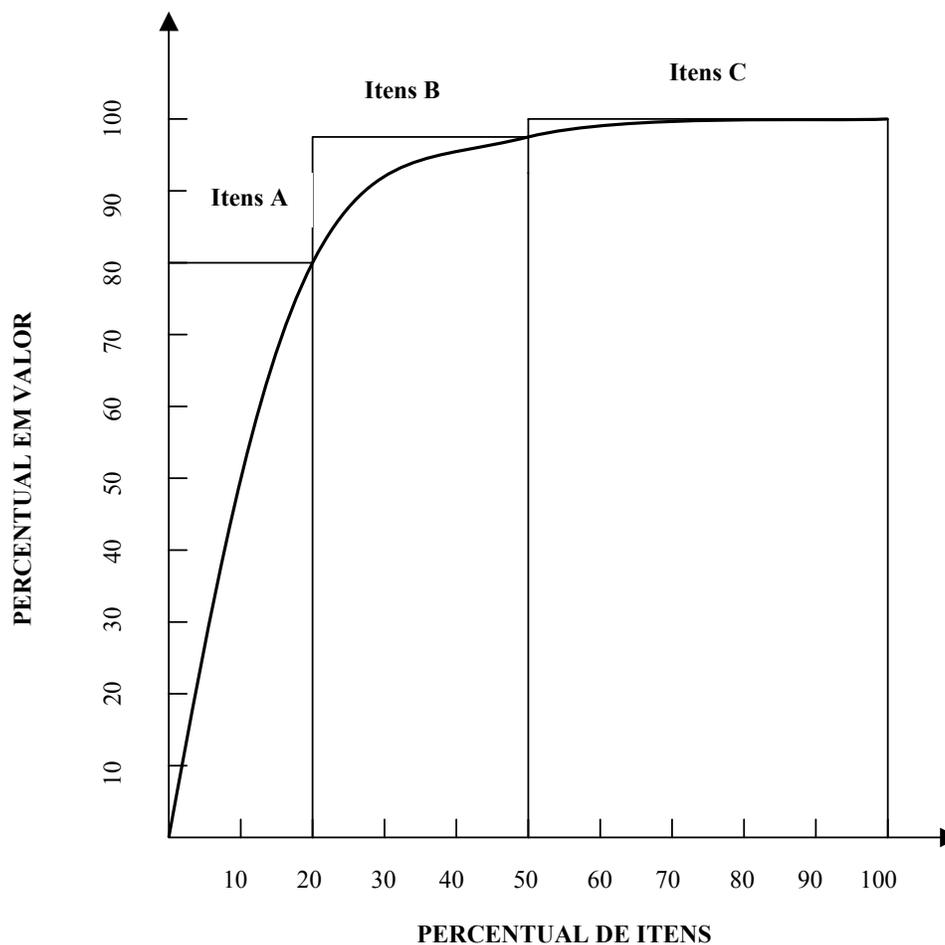


FIGURA 3.4 – Gráfico típico de análise ABC

Fonte: Krajewski & Ritzman , 1999, p.552

O gráfico acima pode ser usado para classificar os itens em A, B e C. De acordo com o gráfico, nos primeiros 20% do percentual de itens, o percentual em valor atinge aproximadamente 80%, os quais são denominados itens classe A. Os itens classe B correspondem a aproximadamente 15% em percentual de valor e 30% em percentual de itens. Os itens classe C correspondem a aproximadamente 50% do percentual de itens e apenas 5% do percentual em valor. Os valores percentuais dos itens A, B e C variam de acordo com a literatura consultada. Segundo Russomano (1995), os itens A são aproximadamente 8% do percentual de itens e 65% do percentual em valor; os itens B são 22% do percentual de itens e 28% do percentual em valor; os itens C são 70% do percentual de itens e 7% do percentual em valor.

3.4.2 - Lote econômico do ponto de vista do sistema convencional de produção

No cálculo do lote econômico de compra ou fabricação de um item, devem ser considerados os parâmetros (Russomano, 1995):

1. Consumo médio mensal do item: média aritmética do consumo previsto ou realizado em um período determinado.
2. Lote de encomenda: é a quantidade do item comprada ou fabricada.
3. Tempo de reposição: é o prazo que deve ocorrer entre uma emissão de ordem (compra ou fabricação) e o seu atendimento.
4. Estoque máximo: é o estoque máximo permitido, correspondendo a soma entre o lote de encomenda e o estoque de segurança.
5. Estoque de segurança: é um estoque amortecedor de flutuações de demanda ou atrasos de entrega.

Relacionado com os parâmetros descritos acima, associam-se alguns custos derivados do processo de reposição e armazenamento dos itens (Tubino, 1999): *(i)* custos diretos, *(ii)* custos de manutenção de estoques e *(iii)* custos de preparação para a reposição.

3.4.2.1 – Custos diretos

Custo direto é o custo determinado diretamente na compra ou fabricação do item em estudo. O custo direto é proporcional à demanda para o período determinado e aos custos unitários de fabricação ou compra do item.

Pode ser expresso pela seguinte equação (Tubino, 1999):

$$eq.4 \quad CD = D \times C$$

Onde: CD = custo direto do período

D = demanda do item para o período

C = custo unitário de compra ou fabricação do item

3.4.2.2 – Custos de manutenção de estoques

Fazem parte do custo de manutenção de estoques custos como: deterioração ou obsolescência dos estoques, do capital investido, de movimentação dos itens, de armazenagem dos itens, aluguel, luz, telefone, sistemas computacionais de controle e equipamentos de almoxarifado, entre outros. O custo de manutenção de estoques é proporcional a quantidade de peças em estoque, ao custo unitário do item e aos encargos financeiros que incidem na manutenção dos estoques, conforme expresso pela seguinte equação (Tubino, 1999):

$$eq.5 \quad CM = Q_m \times C \times i$$

Onde: CM = custo de manutenção de estoques no período considerado

Q_m = estoque médio no período

i = taxa de encargos financeiros sobre o estoque

3.4.2.3 – Custos de preparação para a reposição

O custo de preparação para a reposição está associado à reposição do item pela compra ou fabricação do mesmo. Estes custos são: custos indiretos dos departamentos de compras ou PCP (como luz e telefone, entre outros), materiais e equipamentos utilizados na confecção das ordens, emissão e processamento das ordens de compra ou fabricação, e, no caso de fabricação dos itens, os custos de $setup$ dos equipamentos. Pode ser expresso pela equação (Tubino, 1999):

$$eq.6 \quad CP = N \times A$$

Como $N = \frac{D}{Q}$, tem-se:

$$eq.7 \quad CP = \frac{D}{Q} \times A$$

Onde: CP = custo de preparação do período

N = número de pedidos de compra ou fabricação durante o período

Q = tamanho do lote de reposição

A = custo unitário de preparação

A partir da definição dos custos diretos, de manutenção dos estoques e preparação para a reposição, obtém-se uma equação para o custo total do sistema (Tubino, 1999):

$$eq.8 \quad CT = CD + CM + CP$$

$$eq.9 \quad CT = D \times C + Qm \times C \times i + \frac{D}{A} \times A$$

A partir destas equações, podemos verificar que:

1. Os custos de preparação são inversamente proporcionais ao tamanho do lote; logo, à medida que aumenta-se o tamanho de lote, diminui-se os custos de preparação.
2. Os custos de manutenção de estoques são diretamente proporcionais ao tamanho do lote, ou seja, diminuindo o tamanho do lote, diminuem-se os custos de manutenção de estoques.
3. Os custos diretos não são proporcionais ao tamanho do lote.

A soma dos três custos acima determina o custo total de fabricação. O ponto que busca o equilíbrio ou o ponto mínimo da equação do custo total é denominado de *Economic Order Quantity (EOQ)*, ou Lote Econômico de Fabricação. A equação que representa o *EOQ* é função da demanda do item (D), do custo unitário de fabricação (A), do custo unitário de compra (C), e da taxa de encargos financeiros sobre o estoque (i), podendo ser expressa pela seguinte equação (Tubino, 1999; Corrêa, 2000; Black, 1998; Zaccarelli, 1987):

$$eq.10 \quad EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times A}{C \times i}}$$

3.4.3 - Lote econômico do ponto de vista *JIT*

A fórmula de cálculo do *EOQ* está fundamentada em uma lógica matemática associada à minimização de custos. A filosofia *JIT* analisa o *EOQ* verificando também outros custos que influenciam no custo total de fabricação, os quais são denominados de custos da má qualidade ou simplesmente de desperdício.

A Figura 3.5 mostra uma comparação entre a visão do *EOQ* tradicional e a visão *JIT* (Tubino, 1999):

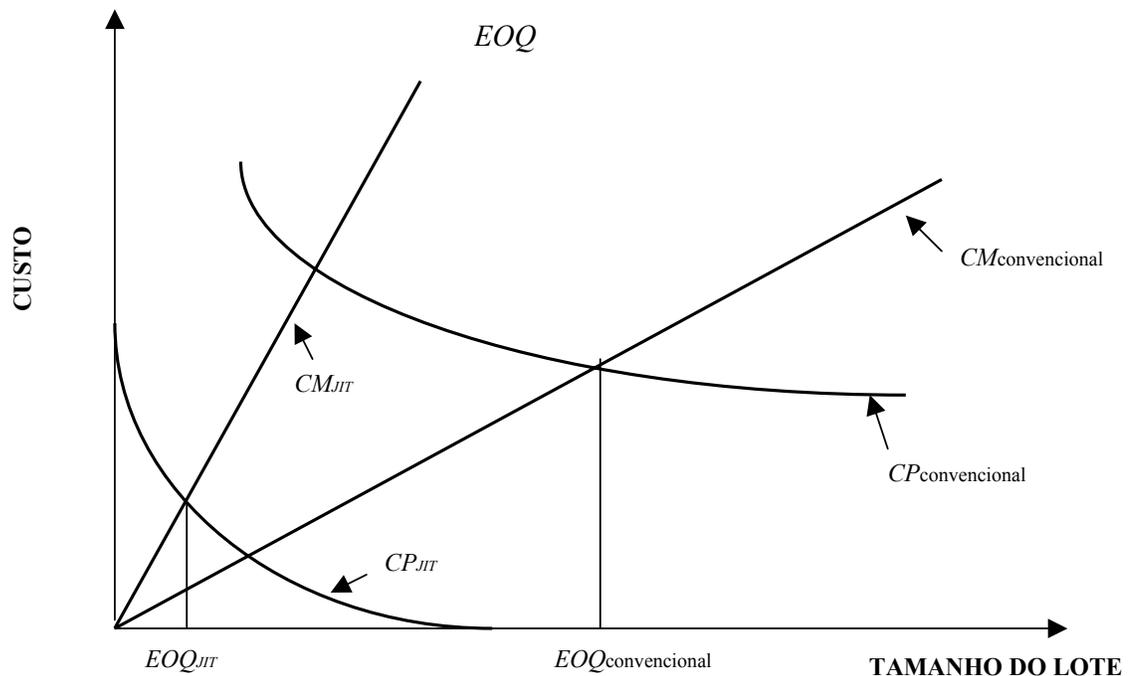


FIGURA 3.5 – O lote econômico e a filosofia *JIT*

Fonte: Tubino, 1999, p.123

De acordo com a Figura 3.5, verificamos que a curva do custo de preparação (*CP*) na filosofia *JIT* é menor na relação tamanho do lote e custo, assim como a inclinação da curva do custo de manutenção de estoques (*CM*) na filosofia *JIT* é maior. A intersecção das curvas $CP \times CM$ indica um valor menor de *EOQ* na filosofia *JIT*, devido aos seguintes fatores:

- Os sistemas *JIT* buscam a redução dos custos de preparação, através da utilização de técnicas de troca rápida de ferramentas.
- Os sistemas *JIT* buscam a redução ou eliminação total dos desperdícios, que podem não ser imediatamente identificáveis devido aos altos níveis de estoque mantidos no sistema.
- Os sistemas *JIT* buscam o lote unitário de fabricação.

A tendência da busca do lote unitário de fabricação, conforme figura 3.5, é possível através da aplicação das técnicas da *TRF*, que serão descritas no próximo capítulo.

3.4.4 - Limitações do cálculo do *EOQ*

O modelo de cálculo do *EOQ* depende, conforme visto na seção anterior, da demanda, do custo unitário de fabricação, do custo unitário de compra e da taxa de encargos financeiros sobre o estoque. Dentre as variáveis de cálculo do *EOQ*, duas devem ser analisadas mais profundamente (Corrêa, 2000):

1. Demanda: para o cálculo preciso do *EOQ*, admite-se que a demanda seja aproximadamente constante, o que nem sempre é possível, tornando assim difícil de obter-se precisão absoluta na determinação do custo médio de manutenção de estoques.
2. Custo unitário de compra: associados ao custo unitário de compra, analisamos os custos unitários de armazenagem e os custos unitários colocação de pedidos. Nem sempre é simples ou possível a determinação exata destes custos, já que estes não são exatamente lineares ao aumentar-se a quantidade de compra.

A análise destas limitações do modelo de cálculo apresentado é necessária para a real determinação do tamanho econômico do lote a ser fabricado, para evitar que um pequeno desvio multiplicado por uma quantidade muito grande de itens comprometam o desempenho do sistema de produção.

4 ESTRATÉGIAS E TÉCNICAS PARA APLICAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O objetivo da *TRF* é a redução e simplificação do *setup*, através da redução ou eliminação das perdas relacionadas à operação de *setup*. Na prática, a *TRF* é desdobrada em duas partes: (i) estratégias para implantação da *TRF*; (ii) técnicas para a aplicação da *TRF*.

De acordo com Mondem (1983), a troca de ferramentas não deve ser considerada simplesmente como uma técnica, e sim como um conceito que abrange mudança de atitudes de todas as pessoas relacionadas com o processo industrial. A aplicação das estratégias e técnicas ocorre com a participação de todos aqueles que atuam na operação em estudo e não apenas com o corpo técnico da empresa.

Neste capítulo será analisada a *TRF*, separada em estratégias e técnicas de implantação, segundo a sistemática proposta por Shingo (1996 e 2000), autor do *Single-Minute Exchange of Die* ou *SMED* (que poderia ser livremente traduzido como troca rápida de ferramentas em tempos inferiores a 10 minutos), em comparação com as sistemáticas propostas por outros três autores : (i) Mondem (1983), (ii) Harmon & Peterson (1991), e (iii) Black (1998). Além deste comparativo das sistemáticas encontradas na literatura, serão apresentados comentários complementares, oriundos de trabalhos que abordam o assunto da *TRF*.

4.1 SISTEMÁTICA PARA IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS SEGUNDO SHINGO (1996 e 2000)

O *STP* tem como meta atingir a produção unitária ou produção contra-pedido; a *TRF* é, assim, ferramenta fundamental para habilitar este tipo de produção. Conforme discutido nos Capítulos 2 e 3 desta dissertação, a *TRF* busca também a eliminação da perda por superprodução e por estoques de produto acabado. Um facilitador apresentado por Shingo para obter sucesso na implantação desta sistemática, são visitas a fábricas que tenham adotado a *TRF* com êxito. Outro facilitador também considerado importante é a credibilidade associada a sistemática. Quando as pessoas da organização acreditarem que reduções de *setup*

são viáveis, perceberão rapidamente o que são os *setups TRF*. A forma de pensar destas pessoas será, então modificada, promovendo um ambiente favorável para a implantação da ferramenta.

4.1.1 – Estratégias de implantação da TRF

A *TRF* é definida primeiramente segundo uma visão estratégica, seguida então de conceitos para implantação da ferramenta, assim como técnicas para aplicação destes conceitos. A visão estratégica da *TRF* é discutida na seqüência:

4.1.1.1 – Visão estratégica da TRF

Uma das principais dificuldades que as indústrias modernas enfrentam atualmente é a produção envolvendo grandes números de *setups* com pequenos lotes de fabricação. Isto se deve a uma tendência, observada no mercado, a produção de bens individualizados (Davis, 1989; Kota, 1996; Boyton et al., 1993). A produção em pequenos lotes exige que o operador atinja o ritmo ideal logo no início do processamento, pois a produção irá mudar o tipo de peça processada rapidamente.

Para minimizar os efeitos do problema de troca de produto na linha de produção, deve ser analisada a operação de manufatura. Deve-se identificar a existência de elementos comuns à operação e elementos similares ao *setup*, classificando estes elementos e escolhendo o equipamento ideal para a execução da operação. Deve ser feita uma avaliação da operação e identificadas algumas estratégias de melhoria, tais como:

1. Estratégias envolvendo habilidades: procedimentos eficientes no *setup* resultam do conhecimento aprofundado sobre o equipamento em estudo, e da habilidade e experiência do operador nas tarefas inerentes ao procedimento de *setup*. Em máquinas mais complexas, utiliza-se o conceito do “preparador” (operador especialista em preparação de máquina), ficando o operador do equipamento com as tarefas auxiliares da preparação. Aliado a este conceito deve-se buscar a simplificação da operação de *setup*.
2. Estratégias envolvendo tamanho de lote: com a tendência das operações de *setup* serem demoradas, uma primeira solução a ser utilizada é aumentar o

tamanho do lote para compensar a parada do equipamento. A fabricação de grandes lotes diminui o efeito do tempo de parada para *setup*, mas pode resultar em produção antecipada ou formação de estoque.

3. Estratégias envolvendo o lote econômico de fabricação: a produção de grandes lotes é apropriada quando uma grande quantidade de produtos forem demandados; no caso contrário (caso de pedidos em pequenas quantidades), conforme item 2, a produção em grandes lotes gera estoques. De acordo com o conceito do lote econômico de fabricação (ver capítulo 3), a produção em grandes lotes reduz o custo associado ao tempo de *setup*, mas aumenta os custos globais do sistema devido ao aumento do estoque. O ponto de mínimo do gráfico do *EOQ* (ver Figura 3.5), onde as vantagens e desvantagens dos estoques estão equilibradas, aponta para o tamanho ideal do lote de fabricação. Neste contexto, reduções drásticas no tempo de preparação não são consideradas como possíveis. A adoção de técnicas realmente efetivas de *TRF*, todavia, apontam na direção contrária, onde são possíveis grandes reduções no tempo de preparação, logo, pode-se alterar esta análise gráfica do *EOQ*. A intersecção da curva do novo custo de preparação com a curva do custo de manutenção dos estoques aponta para um valor menor do *EOQ*, pois o novo custo de preparação possui menor valor.

4.1.1.2 –Estágios conceituais da *TRF*

O processo de melhoria no tempo de troca de ferramentas proposto por Shingo (2000) é constituído de quatro estágios, definidos como:

1. Estágio 1: neste estágio inicial, não se distinguem as condições de *setup* interno (ocorre obrigatoriamente quando a máquina estiver parada) e externo (ocorre obrigatoriamente quando a máquina estiver em operação). Pela não distinção entre *setup* interno e externo, o que poderia ser executado com a máquina funcionando ocorre com a máquina parada. Neste estágio é necessária uma análise detalhada da operação de *setup*, com a utilização de técnicas específicas que serão descritas posteriormente, e

com a participação efetiva dos operadores envolvidos na preparação em estudo.

2. Estágio 2: neste estágio, ocorre a distinção entre as operações de *setup* interno e externo. Este estágio é considerado o mais importante da implantação da *TRF*, pois o estudo para a identificação e separação das tarefas do *setup* externo do interno, realizando o máximo possível destas tarefas com a máquina em funcionamento é um passo eficaz na redução do *setup*. Neste estágio, desenvolve-se uma lista de verificação que contenha todos os elementos do *setup* (peças, ferramentas, procedimentos); a seguir, realiza-se uma checagem do funcionamento destas peças e ferramentas; finalmente, determina-se o melhor método de movimentação e preparação destes componentes enquanto a máquina estiver em funcionamento.
3. Estágio 3: neste estágio ocorre uma análise da operação de *setup*, com o objetivo de verificar a possibilidade de converter operações de *setup* interno em externo. Tal conversão ocorre através da análise da função das operações, procurando-se reavaliar os procedimentos tradicionais e buscando novas possibilidades de melhoria.
4. Estágio 4: a melhoria do tempo de troca de ferramentas atingida com a conversão do *setup* interno em externo pode não ser suficiente para alcançar os objetivos estabelecidos na *TRF*. Neste estágio, é realizada uma análise de cada ação das operações de *setup* interno e externo, buscando sua racionalização. Tal racionalização é obtida pela eliminação de ajustes, melhoria de sistemas de fixação e eliminação de algumas operações do *setup*.

Fica claro, pelos estágios acima, que a *TRF* é composta por duas ações principais, análise e implementação, salientando-se a distinção entre as operações de *setup* interno e externo e a racionalização dos elementos componentes das ações de *setup*.

4.1.2 – Técnicas de implantação da TRF

Para a aplicação dos quatro estágios conceituais da TRF, Shingo propõe a utilização de oito técnicas, as quais são descritas a seguir:

- Técnica 1 - *Separar as operações internas e externas*

Operações internas e externas devem ser devidamente identificadas e, então, compreendidas, separadas e organizadas. Aqui podem ser utilizadas listas de verificação (ou *checklists*), que contenham todos os componentes e passos necessários à uma operação de *setup*. A partir desta técnica, pode-se reduzir o tempo de troca entre 30 e 50%.

- Técnica 2 - *Converter setup interno em externo*

Operações internas devem ser reexaminadas para a identificação de equívocos na sua caracterização ou para encontrar maneiras de converter estes *setups* internos para externos.

- Técnica 3 - *Padronizar a função, não a forma*

A padronização da forma está relacionada com a geometria da ferramenta ou dispositivo utilizado na operação de *setup*. Esta padronização pode não ser a maneira mais econômica de melhorar a operação de *setup*, uma vez que pode estar ocorrendo a padronização de peças que não necessitem de mudança dimensional, sob o ponto de vista da operação que realiza. Padronizar a função significa manter constante a geometria somente das partes cujas funções são necessárias, sob o ponto de vista da operação de *setup*. Um exemplo desta técnica é a padronização da altura de matrizes, com a utilização de calços na base das matrizes de menor altura.

- Técnica 4 – *Utilizar fixadores funcionais ou eliminar os fixadores*

Um fixador funcional é um dispositivo de fixação que tem a função de manter os objetos no local determinado com mínimo esforço, geralmente com a utilização de um único toque. Os parafusos convencionais, mesmo sendo um dos sistemas de fixação mais utilizados para a fixação, são elementos que

necessitam tempo e movimentos desnecessários à troca da ferramenta, logo, não são fixadores funcionais. Estes métodos de fixação com um único toque utilizam elementos diferentes de parafusos, tais como cunhas, molas, ressaltos e prendedores. A eliminação dos fixadores está voltada à utilizar a quantidade mínima necessária destes fixadores ou simplesmente eliminar a necessidade de fixação.

- Técnica 5 - *Utilizar dispositivos intermediários*

Dispositivos intermediários são elementos auxiliares, padronizados, que servem para eliminar ajustes durante a realização do *setup* interno. Um exemplo desta técnica ocorre em operações de usinagem; uma peça presa a um dispositivo fixado a uma mesa em processamento, enquanto outra pode ser centrada e fixada a outro dispositivo da segunda mesa da máquina, com a ajuda de um terceiro dispositivo de centragem; tal dispositivo seria classificado como intermediário.

- Técnica 6 - *Adoção de operações paralelas*

Quando existir a necessidade de atuação simultânea em mais de um ponto do equipamento, mas sua geometria não permitir que estas operações sejam realizadas por apenas um operador para a redução do tempo de *setup*, é necessária a utilização de dois ou mais operadores realizando estas operações paralelas simultaneamente. Com a utilização desta técnica, o número de horas-homem necessárias à operação de *setup* pode aumentar, embora o tempo total de troca possa ser reduzido em mais de 50%. Como resultado desta técnica, surge a necessidade de operadores auxiliares à operação de *setup*.

- Técnica 7 - *Eliminar ajustes*

A eliminação de ajustes inicia com o entendimento de dois conceitos distintos, a preparação e o ajuste. A preparação compreende operações que antecedem alguma ação dentro do *setup* interno. O ajuste é uma operação desnecessária, proveniente de alguma falha na preparação. Quanto maior o número de ajustes, maior é o grau de habilidade e experiência necessária ao operador. A

eliminação dos ajustes ocorre com a realização de calibrações e, principalmente, com a padronização de operações e componentes.

- Técnica 8 - *Adotar a mecanização*:

A realização de operações de *setup* mecanizadas são indicadas sempre que a disponibilidade de capital permitir, mas somente deve ser realizada após ter sido esgotada todas as possibilidades descritas nas sete técnicas anteriores. Tais técnicas podem reduzir um *setup* de 2 horas para até 3 minutos; neste contexto, a mecanização irá contribuir reduzindo em mais de 1 minuto o tempo total da operação. Logo, a mecanização dos *setups* deve ser realizada após serem esgotados todos os recursos possíveis proporcionados pela aplicação dos princípios da *TRF*.

A Figura 4.1 apresenta um fluxograma para a aplicação das oito técnicas descritas por Shingo (1996):

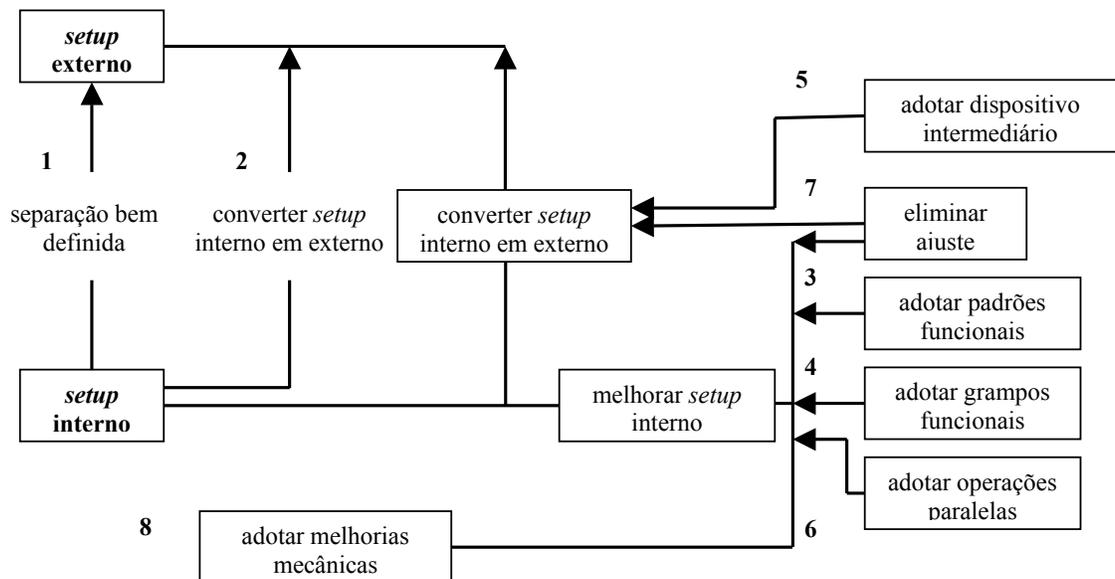


FIGURA 4.1 –Fluxograma para aplicação das oito técnicas da *TRF*

Fonte: Shingo, 1996, p. 88

4.2 SISTEMÁTICA PARA IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS SEGUNDO OUTROS AUTORES

4.2.1 Sistemática para implantação da *TRF* segundo Mondem (1983)

A *TRF* proposta por Mondem (1983) é definida em quatro estratégias e seis técnicas de implantação. O conteúdo das estratégias segue o mesmo enfoque de Shingo (1996 e 2000). Seus pontos principais vem destacados abaixo:

- O autor considera a distinção das ações de preparação interna para externa como o conceito mais importante da *TRF*.
- O processo de ajuste na troca de ferramentas consome de 50 a 70% do tempo total da troca interna; logo, a redução deste tempo é muito importante para a redução do tempo total de troca. Deve-se, assim, eliminar ajustes através de estudos na fase de projeto e na busca da padronização das ferramentas.
- Abolir o processo de troca de ferramentas: para tanto, é necessário observar os princípios da intercambiabilidade entre peças (uma mesma peça que serve para várias aplicações) e da produção de várias peças ao mesmo tempo.

Seis técnicas para implantação da *TRF* são propostas por Mondem (1983). Os principais aspectos que as diferenciam das oito técnicas propostas por Shingo são os seguintes:

- O autor considera a conversão do *setup* interno em externo e padronização da função como uma análise conjunta. Salienta, também, a importância de padronizar somente peças necessárias à redução do tempo de troca da ferramenta, sob o enfoque do custo do investimento em comparação com a quantidade de tempo economizada no *setup*.
- A eliminação do ajuste é considerada a partir da primeira técnica, descrita como de padronização das ações da troca de ferramentas, passando pelas outras cinco técnicas: (i) padronização somente das peças necessárias do

equipamento; (ii) utilização de fixadores rápidos; (iii) utilização de ferramenta de fixação suplementar; (iv) utilização de operações paralelas; e (v) utilização de sistemas mecanizados de *TRF*.

Segundo Mondem (1983), a redução do tempo de troca de ferramentas, utilizando-se as técnicas acima, pode levar a tempos de *setup*, inferiores a dez minutos. Este tempo deve ser considerado apenas nas operações de *setup* interno, já que a preparação externa pode se realizar com a máquina em operação.

4.2.2 Sistemática para implantação da *TRF* segundo Harmon & Peterson (1991)

Harmon & Peterson (1991) não formalizam uma proposta metodológica de *TRF*. Todavia, alguns aspectos elencados pelos autores merecem destaque:

- Harmon & Peterson (1991) reconhecem pontos positivos no trabalho de Shingo (1996), mas discutem o escopo de sua aplicação, salientando que grande parte dos exemplos de Shingo (1996) estão focalizados em prensas perfuradoras e de moldagem de plásticos, o que compromete a compreensão da sistemática e sua aplicação mais genérica.
- Os autores propõe uma classificação das operações de *setup* em três tipos: (i) *mainline* (ou principais) – operações que correspondem ao *setup* interno, são executadas enquanto a máquina está parada, entre a produção do item que terminou a operação e o próximo da fila; (ii) *offline* (ou secundárias) – operações que correspondem ao *setup* externo, são executadas enquanto a máquina está em operação; e (iii) desnecessárias – operações que não contribuem para a melhoria do *setup*, e que deveriam ser eliminadas.
- Harmon & Peterson (1991) também propõe a eliminação do processo de tentativa e erro, utilizando documentação de regulagens, revisões periódicas e calibragens dos dispositivos de controle e manutenção preventiva do equipamento. A utilização de dispositivos padronizados para posicionamento rápido, com a armazenagem focalizada destes dispositivos, o mais próximo possível da máquina onde é realizado o *setup* também é sugerida. Finalmente, os autores propõe a utilização de *kits* de ferramentas

necessárias ao *setup*, agrupadas de acordo com a necessidade de utilização e localizadas o mais próximo possível do ponto de uso.

Apesar dos autores não proporem uma sistemática para redução do tempo de *setup*, a importância desta redução é enfatizada, com atenção especial no desenvolvimento de soluções simples e de baixo custo, assim como no treinamento e qualificação da equipe que efetivamente atuará nas tarefas para a redução do *setup*.

4.2.3 Sistemática para implantação da TRF segundo Black (1998)

Para Black (1998), a *TRF* é um método científico baseado na análise de tempos e movimentos relativos às operações de *setup*. A adoção da *TRF* não requer, obrigatoriamente, grandes investimentos em equipamentos sofisticados. A estratégia de implantação da *TRF* proposta por Black (1998) é dividida em sete passos básicos, contrapondo-se aos quatro estágios em Shingo (1996 e 2000). Os seguintes aspectos podem ser destacados:

- O primeiro passo na sistemática de Black (1998) é determinar o método existente, utilizando-se a análise das operações, com o estudo dos tempos e movimentos relativos à operação de *setup*. O objetivo desta ação é eliminar os movimentos desnecessários e ordenar os movimentos necessários.
- Os passos 2, 3 e 4 (respectivamente, separar os elementos internos dos externos, converter *setup* interno em externo e reduzir ou eliminar os elementos internos) em Black (1998) são essencialmente os estágios 2 e 3 em Shingo (1996 e 2000).
- O estágio 4 em Shingo (1996 e 2000) está detalhado nos passos 5, 6 e 7 (aplicar análise de métodos, padronização e prática dos *setups*, eliminar os ajustes e abolir o próprio *setup*, respectivamente) em Black (1998). No passo 5, utilizam-se técnicas de análise de métodos, com a participação efetiva dos operadores, examinando os métodos de realização do *setup* interno. O treinamento e qualificação do operador, objetivando a multifuncionalidade, também faz parte desta etapa. Para o passo 7, de eliminação total do *setup* ou realização automática do mesmo (sempre que

for viável economicamente), utiliza-se o conceito da intercambiabilidade de peças.

A introdução de técnicas de *TRF* é considerada um dos primeiros passos para a conversão de sistemas de manufatura convencionais em sistemas *JIT*. Os resultados são alcançados desde a introdução das primeiras técnicas de redução de tempo de *setup*; contudo, isto não significa que a introdução de um programa de *TRF* seja uma ação de curto prazo.

Para cada uma das sete estratégias para a redução do *setup*, Black (1998) propõe a utilização de técnicas específicas, tais como:

- *Técnicas para a determinação do método existente*

Em conformidade com Shingo (1996 e 2000), consiste da análise das operações de *setup*, com a elaboração de um *checklist*, onde a operação é desdobrada em elementos e atividades menores. Complementarmente, podem ser utilizadas técnicas de solução de problemas (como apresentado em Falconi, 1992, pg. 193 a 208) em cada atividade do *checklist*, com o objetivo de racionalizar a análise. Outra técnica proposta é a gravação em vídeo da operação de *setup* para análise posterior, procurando identificar as perdas de tempo e desperdícios do processo atual, antes mesmo da análise das operações. A utilização da documentação é aplicada na técnica para conversão de *setup* interno em externo, além da revisão das operações do *setup* interno e verificação da possibilidade de transformar operações internas em externas. Esta documentação deve ser fixada em local visível aos operadores. Durante o tempo ocioso, os operadores podem praticar o procedimento de *setup* para fixar o método e buscar a melhoria.

- *Técnicas de redução ou eliminação dos elementos internos*

Em conformidade com Mondem (1983), Black (1998) propõe a redução ou eliminação dos elementos internos ainda na fase de projeto da ferramenta, com especial à padronização das dimensões e formas das ferramentas e dispositivos. O autor também utiliza o conceito de ferramenta de fixação suplementar (elementos padronizados que servem para a fixação de diversas ferramentas utilizadas em diferentes operações) e fixadores automáticos (sistemas de fixação com acionamento instantâneo, após um único comando).

- *Técnicas para aplicação de métodos de análise e treinamento das atividades do setup*

Black (1998) propõe a utilização de técnicas de análise de métodos, visualizando a eliminação dos movimentos desnecessários e a redução do esforço manual. Nesta etapa propõe o treinamento prático das equipes de *setup* durante períodos ociosos buscando sempre a redução do tempo de *setup* interno. Para tanto, assim como Shingo (1996 e 2000), propõe a utilização de operações paralelas e o treinamento para a multifuncionalidade dos operadores.

As demais técnicas são as mesmas propostas pelos autores apresentados nas seções anteriores. A Figura 4.2 mostra um resumo dos estágios conceituais e das estratégias de implantação da *TRF*, segundo Black (1998):

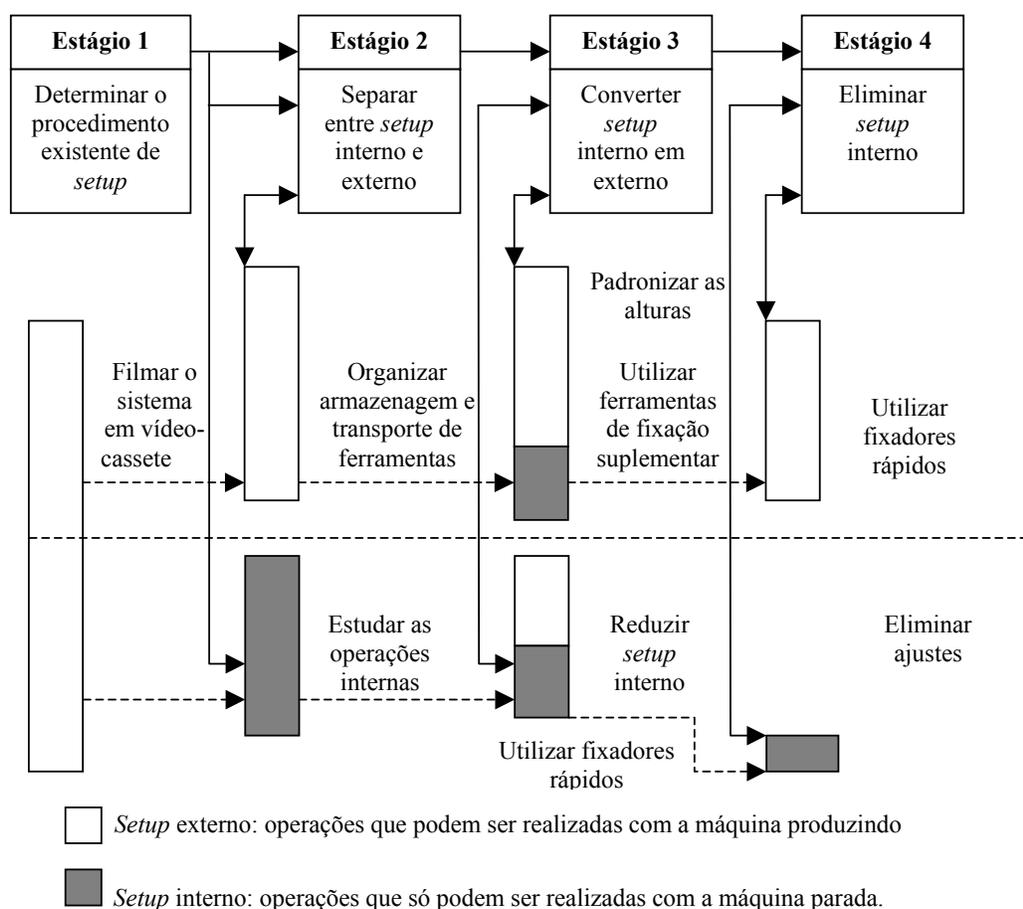


FIGURA 4.2 –Estágios conceituais e técnicas práticas do sistema *SMED*.

4.2.4 Sistemática para implantação da *TRF* segundo Kannenberg (1994)

Kannenberg (1994), propõe uma sistemática para implantação da *TRF* em nove passos, com ênfase na obtenção de um ambiente inicial favorável à implantação da sistemática, o que ocorre nos passos iniciais. A etapa de criação de um ambiente favorável distingue a sistemática de Kannenberg (1994) dos demais autores.

Os pontos relevantes do trabalho de Kannenberg (1994), que devem ser abordados como complemento às sistemáticas descritas até então, são os seguintes:

- 1 Nível estratégico: em nível estratégico, buscando uma lógica de análise do sistema produtivo com visão de longo prazo, são propostos três passos:
 - 1º) Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração: um projeto de *TRF* deve ser do conhecimento e aprovação de todos os níveis hierárquicos da empresa, visualizar a necessidade de liberação de recursos, motivação e empenho no projeto.
 - 2º) Formação de uma equipe estratégica: tal equipe seria responsável pela parte de planejamento e controle do projeto de implantação.
 - 3º) Análise do futuro do processo de manufatura: verificação do plano estratégico da empresa quanto à investimentos, novos produtos e número de empregados.
- 2 Nível tático: trata-se de um complemento do terceiro passo do Nível Estratégico. Aqui, devem ser estabelecidas e conhecidas as políticas da empresa de médio e longo prazos, enfatizando itens como aquisição de equipamentos, projeto de produtos sob o ponto de vista da *TRF*, definição de metas, educação e treinamento, normas de documentação e normas de segurança.

A lógica de análise proposta por Kannenberg (1994), antecede a parte operacional do projeto de *TRF*, que inicia com a definição do processo a ser melhorado. Os demais passos propostos pelo autor podem ser encontrados em Shingo (1996 e 2000) e Mondem (1983).

4.3 APLICAÇÕES DO *SMED* NA INDÚSTRIA

Moxham & Greatbanks (2000), em uma aplicação da sistemática *SMED* na indústria têxtil, colocam que o primeiro passo da sistemática proposta por Shingo (1996 e 2000), separar o *setup* interno do externo, não é realmente o passo inicial na implantação da sistemática *SMED*. Três aspectos devem ser abordados antes do início da implantação: (i) cultura da empresa; (ii) processo produtivo; (iii) processo gerencial da empresa.

Para tanto, os autores propõem um estágio inicial, denominado “*SMED-ZERO*”. Tal estágio inicial está de acordo com as características da indústria têxtil (ramo da empresa onde foi aplicada a sistemática), em contrapartida com os exemplos de aplicação em prensas citados por Shingo (1996 e 2000). Para a implantação do *SMED*, os autores propõem a satisfação de quatro requisitos básicos, que compõem o chamado *SMED-ZERO*:

1. *Comprometimento e interação da equipe de trabalho*: é fundamental para o sucesso do projeto, o comprometimento da gerência e direção da empresa. Este comprometimento deve ser repassado a todos os indivíduos que formam os grupos de trabalho que participam do projeto, através de reuniões trimestrais com a diretoria ou reuniões diárias com os participantes dos grupos. As reuniões devem acontecer de acordo com as necessidades do projeto. Quando ocorrerem variações nos padrões durante um período de trabalho, este assunto deve ser tratado pelo grupo e não isoladamente, para que a solução seja do conhecimento e consenso de todo grupo.
2. *Indicadores de desempenho*: as oportunidades de melhoria e os ganhos que podem ser obtidos com a implantação do *SMED* devem ser definidos e monitorados pela equipe de gerenciamento do projeto. É essencial a existência de indicadores de desempenho que comprovem a situação inicial dos tempos de *setup* dos equipamentos. Se a condição inicial é conhecida, é possível determinar a proporção de tempo economizada pela aplicação da sistemática, assim como a relevância desta redução. A ausência de indicadores pode inviabilizar a execução de um projeto de *SMED*.

3. *Controle visual*: as variáveis de controle de cada processo devem estar registradas em locais de fácil visualização para os operadores, evitando assim variações nas especificações dos produtos fabricados e a necessidade de comunicação verbal.
4. *Técnicas de Kaizen*⁴: os participantes dos grupos de redução de *setup* devem ter um conhecimento detalhado sobre os sistemas e equipamentos a serem melhorados, bem como de técnicas de solução de problemas. Quanto aos resultados obtidos, estes devem ser divulgados em outras áreas da empresa, com o objetivo de promover a motivação e comprometimento de um número cada vez maior de participantes no projeto.

Segundo Shingo (2000), a primeira aplicação original documentada do *SMED* ocorreu em 1950. A partir desta data, não ocorreram mudanças nesta sistemática. O *SMED-ZERO*, em Moxham & Greatbanks (2000), é uma das poucas modificações propostas como adendo ao *SMED*, podendo ser aplicado preliminarmente, em todos os tipos de indústria. Os pré-requisitos do *SMED-ZERO* (comunicação, indicadores de desempenho, controles visuais e técnicas de *kaizen*) foram definidos como elementos auxiliares para aplicação como um programa precursor do *SMED*.

A Figura 4.3, mostra onde o *SMED-ZERO* se incorpora nos estágios conceituais do *SMED*, conforme proposto por Shingo (1990).

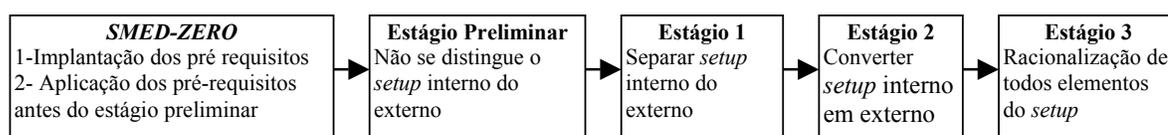


FIGURA 4.3 –Incorporação do *SMED-ZERO* nos estágios conceituais do *SMED*.

Fonte: Moxham & Greatbanks, 2000, p. 413

Gilmore & Smith (1996) descrevem uma aplicação industrial de uma sistemática de redução de *setup*, adaptada do *SMED*, no setor farmacêutico. Neste caso prático, a introdução de tal sistemática se fez necessária devido à mudança no processo produtivo, imposta pela variação da demanda do mercado. O mercado começou a exigir a

⁴ *Kaizen*, significa melhoramento contínuo de processos, envolvendo todos na empresa, desde a alta administração, até os operários de chão-de-fábrica (Imai, 1990, pg. XXI).

flexibilização do sistema produtivo atual, sem alterar o preço de venda do produto. Como características do sistema produtivo atual, haviam máquinas de grande capacidade e longo tempo de *setup*. Como a compra de novos equipamentos era inviável, a saída encontrada seria de adotar os conceitos de flexibilidade, produção em pequenos lotes e baixos tempos de *setup*.

A operacionalização desta estratégia iniciou com o treinamento de um grande número de empregados, sem a utilização de consultores externos, já que uma visão externa sem o conhecimento das características do processo de manufatura da indústria farmacêutica poderia não ser eficaz. Além deste fator, a utilização da mão-de-obra interna para solução dos problemas de *setup*, conforme o modelo japonês, seria fator de aumento de confiança, da moral e do comprometimento da equipe de trabalho.

Quanto ao processo produtivo, havia quatro estágios distintos: enchimento, granulação, compressão e encapsulamento, operacionalizados em prensas especiais. Realizava-se também um processo de revestimento, específico para cada tipo de produto, entre as etapas de compressão e encapsulamento.

O procedimento empregado na redução do tempo de *setup* nos processos produtivos iniciou com reunião dos indivíduos atuantes no processo em estudo, com a participação dos operadores do processo anterior e posterior, definindo uma seqüência de atuação e identificação do processo a ser estudado. O estudo do processo foi dividido em cinco etapas: (i) análise do processo com a participação dos operadores do processo anterior e posterior; (ii) registro das ações de melhoria propostas pelo grupo; (iii) implantação das ações de melhoria; (iv) análise dos resultados alcançados e verificação da adequação destes com as metas; e (v) repetição do processo, variando e monitorando os elementos das operações de *setup*, de maneira que seja variado um de cada vez, até se verificar o melhor resultado.

Esta formação da equipe de trabalho foi denominada de “*setup improvement team*”. Esta equipe de trabalho foi adaptada da técnica *SMED* elaborada por Shingo (2000), particularmente nas etapas de análise do processo atual e distinção entre as atividades de *setup* interno e externo. Outras técnicas utilizadas no projeto de redução dos tempos de *setup* incluíram a filmagem do procedimento de *setup* para posterior análise, mecanização de algumas operações, elaboração de listas de problemas e de *checklist* das operações de *setup*, adoção de operações paralelas, padronização de matrizes, fabricação de partes de matrizes ou

equipamentos adicionais para evitar montagens e desmontagens, adoção de técnicas de Projetos de Experimentos⁵.

Mcintosh *et al.* (2000) apresentam uma avaliação crítica do *SMED*. Segundo estes autores, a sistemática pode ser separada em três partes: (i) conceito; (ii) metodologia; (iii) programa de melhoria. Em cada parte desta sistemática, a identificação e aplicação de técnicas de melhoria está relacionada com cada uma das partes. No contexto de programa de melhoria, em concordância com Gilmore & Smith (1996), utiliza técnicas de *Kaizen*, sob o enfoque do comprometimento da equipe de trabalho em utilizar a capacidade criativa na melhoria dos métodos existentes.

Mcintosh *et al.* (2000) considera o estudo do projeto do equipamento, ferramenta ou produto como um meio potencial de obter a redução do tempo de *setup*, buscando a obtenção de resultados sem a necessidade de grandes investimentos. Este estudo não está vinculado à aplicação dos conceitos da sistemática *SMED* de Shingo (1996 e 2000).

Quanto à seqüência de aplicação da sistemática *SMED* proposta por Shingo (1996 e 2000), Mcintosh *et al.* (2000) considera que na prática esta seqüência pode não ser a mais apropriada para o caso em estudo. Outro aspecto importante é a verificação, durante a execução das tarefas de um processo produtivo, da ocorrência de atividades desnecessárias ou não-produtivas. Um exemplo é a utilização de uma ferramenta inapropriada durante a execução das operações do processo produtivo.

A consideração mais importante de Mcintosh *et al.* (2000) refere-se ao período de *run-up* (*run-up* é o período, após a realização do *setup*, até a estabilização do processo, onde há possibilidade de ocorrência de ajustes). Este período de *run-up*, apesar de significativo, geralmente não está claramente identificado, fazendo que este período não seja percebido durante o tempo em operação do equipamento. Conforme o conceito de Shingo (1996 e 2000), o *setup* interno ocorre quando o equipamento está parado, mas neste tempo não está incluído o período de *run-up*. A este período de *run-up* não é atribuída a devida importância na sistemática *SMED* de Shingo (1996 e 2000), assim como não é especificado como o período de *run-up* deve ser tratado.

⁵ Projetos de Experimentos, é definido como “um determinado curso de ação destinado a responder a uma ou mais questões cuidadosamente elaboradas” (Juran, 1993, p.4). O Projeto de Experimentos é aplicado a partir da seleção de fatores para estudo, os quais são testados em diferentes níveis de maneira deliberada e controlada, tendo seus efeitos medidos em uma ou mais variáveis de resposta.

Apesar de que o conhecimento das possíveis técnicas de melhoria seja visto com um argumento de muita importância na sistemática *SMED* para conseguir a efetiva aplicação da sistemática, Mcintosh *et al.* (2000) considera que a sistemática não garante que todos os caminhos possíveis para a melhoria possam ter sido buscados.

4.4 ANÁLISE CRÍTICA DAS SISTEMÁTICAS PROPOSTAS E APLICAÇÕES REPORTADAS NA LITERATURA

As sistemáticas e técnicas propostas pelos diferentes autores e abordados nas seções anteriores apresentam grande similaridade entre si. As proposições em Shingo (1996 e 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998) não visualizam o enfoque estratégico da *TRF*, que é o de preparação de um ambiente favorável à implantação desta sistemática. A sistemática original do *SMED* teve origem no *STP*, onde (ver Capítulo 2) já existe um ambiente favorável para sua implantação, já que o *STP* promove a busca da melhoria contínua.

A criação do ambiente favorável para a implantação do *SMED*, seguindo conceito do *SMED-ZERO* de Moxam & Greatbanks (2000), e as considerações de Gilmore & Smith (1996), Kannenberg (1994) e Mcintosh (2000) aparecem como uma preocupação constante na literatura.

A proposta de implantação de uma sistemática para troca rápida de ferramentas deveria ser completa, independente das características de cada empresa. Os aspectos de cultura da empresa, condições iniciais do processo e criação do ambiente favorável deveriam ser os primeiros passos do projeto.

A tabela 4.1 mostra um resumo das estratégias e técnicas para implantação da *TRF*, segundo Shingo (1996 e 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991), Black (1998), Kannenberg (1994), Moxam & Greatbanks (2000), Gilmore & Smith (1996) e Mcintosh *et al.* (2000):

TABELA 4.1 – Estratégias e técnicas para implantação da TRF

	ESTRATÉGIA	TÉCNICAS
1	Criação do ambiente favorável à implantação da TRF	<ul style="list-style-type: none"> - Conscientização da alta administração - Treinamento dos funcionários - Montagem dos times de trabalho
2	Determinar o método existente	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de <i>checklist</i> - Filmagem da operação de <i>setup</i> - Técnicas de análise e solução de problemas
3	Identificar os elementos internos e externos	<ul style="list-style-type: none"> - Análise das operações do <i>checklist</i> - Escrever as operações e fixar no posto de trabalho
4	Separar os elementos internos e externos	<ul style="list-style-type: none"> - Após análise, separar as operações internas das externas
5	Converter <i>setup</i> interno em externo	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar as operações internas, verificando a possibilidade de transformar em externa
6	Análise de cada operação de <i>setup</i> para racionalizar o <i>setup</i> interno e externo	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de operações paralelas - Utilização de fixadores rápidos - Utilização de dispositivos intermediários - Utilização de grampos funcionais
7	Análise de métodos, padronização e prática do <i>setup</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de análise de métodos - Treinamento operacional do <i>setup</i> - Operadores multifuncionais - Padronização da operação - Padronização do ferramental
8	Eliminar os ajustes	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização das operações e componentes - Realização de calibrações - Instrumentalização do equipamento
9	Abolir o processo de troca de ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanização - Revisão do projeto do produto - Produção de peças em paralelo - Reestudar possibilidade de aplicação das técnicas anteriores

Conforme Tabela 4.1, o início de um projeto de implantação da *TRF* deve iniciar pela “criação do ambiente favorável à implantação da sistemática”, para que a probabilidade de que o projeto tenha sucesso seja grande e que a *TRF* seja uma prática comum a todos dentro da organização.

O modelo de implantação em empresa onde o ambiente favorável à implantação precise ser obtido, deve visualizar cronologicamente quatro estágios para a implantação, o estratégico, o preparatório e o operacional e um estágio de comprovação, conforme Figura 4.5 abaixo:

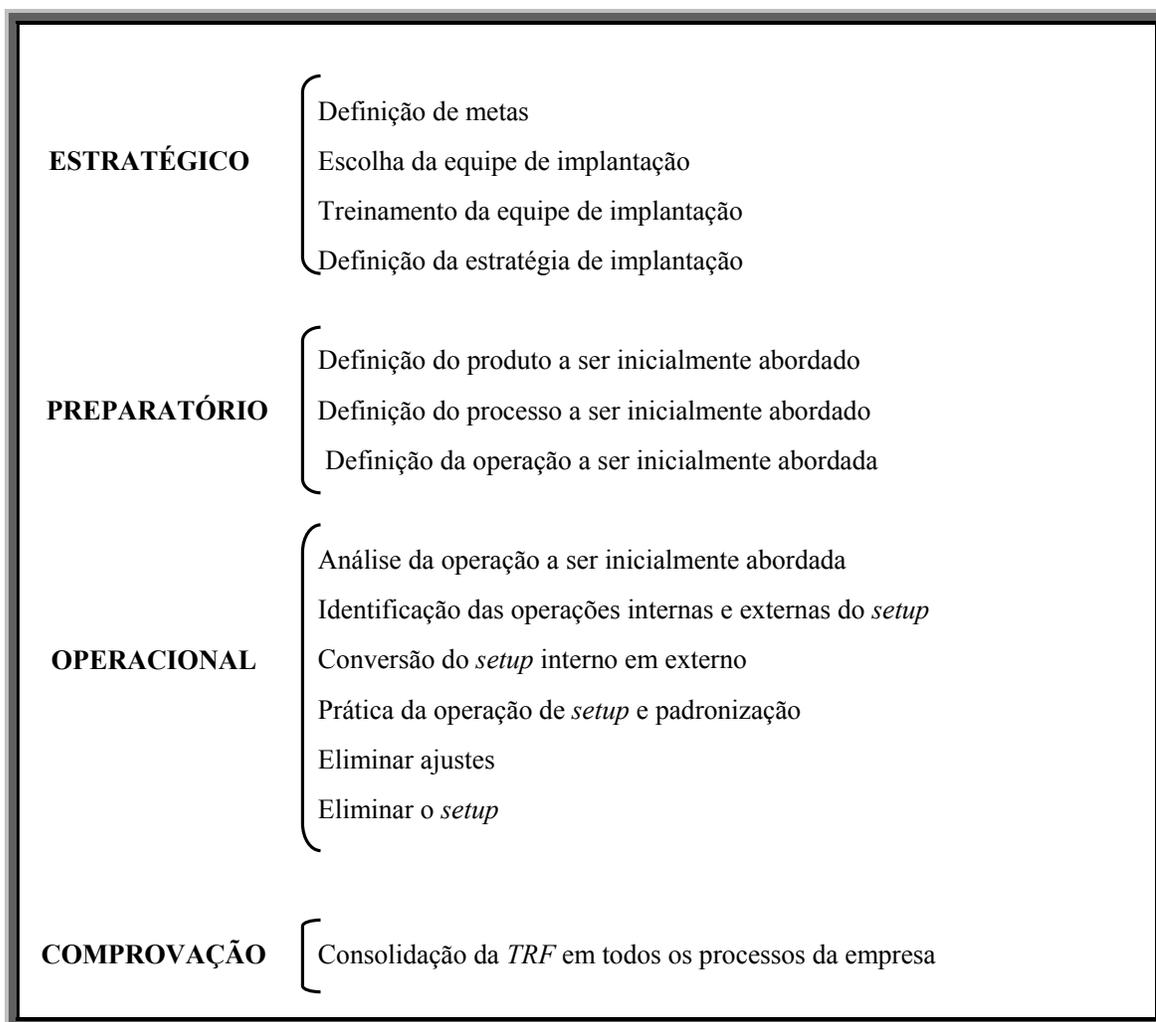


FIGURA 4.5 – Estágios para implantação da *TRF*

A Figura 4.5 apresenta dois aspectos da implantação da *TRF* pouco discutidos pelos autores citados neste capítulo, o estágio estratégico e o estágio preparatório. Estes dois estágios são o complemento para uma proposta inicial de implantação da *TRF*.

A discussão dos estágios estratégico, preparatório, operacional e de comprovação, é apresentada no Capítulo 5, onde propõe-se uma sistemática para implantação da *TRF*, observando uma sistemática geral, independente de haver ou não condições favoráveis à implantação da ferramenta.

5 PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

Neste capítulo, descreve-se uma sistemática para a troca rápida de ferramentas. A sistemática proposta tem o objetivo de ser genérica, aplicável em qualquer tipo de empresa. O enfoque prático desta sistemática é exemplificado no Capítulo 6, onde testa-se a sua aplicação em um estudo de caso na indústria moveleira.

Conforme proposta preliminar no Capítulo 4, a sistemática está separada em quatro estágios: *(i)* estratégico; *(ii)* preparatório; *(iii)* operacional; e *(iv)* de comprovação. No estágio estratégico, a sistemática está enfocada na criação do ambiente favorável à implantação, preocupando-se com o envolvimento de todos os funcionários da empresa, o que deve acontecer em todos os seus níveis hierárquicos. Ainda nesse estágio, também se planeja a formação de times de implantação, assim como a definição dos objetivos do projeto e análise da situação inicial da empresa.

O estágio preparatório é o primeiro passo para as ações voltadas à definição das estratégias de implantação da sistemática de troca rápida de ferramentas, assim como da análise e avaliação do processo atual. Neste estágio, é fundamental o conhecimento das características e capacidades dos processos, e, de acordo com Moxham & Greatbanks (2000), da existência de indicadores que comprovem a situação inicial dos tempos de *setup*, possibilitando determinar os reais ganhos após a aplicação prática da sistemática.

O estágio operacional consiste na aplicação prática das sistemáticas descritas no Capítulo 4, buscando um procedimento que possa ser aplicado de maneira genérica, independente do ramo de atuação e das características de cada empresa.

O estágio de comprovação consiste na consolidação das estratégias e técnicas utilizadas na implantação da sistemática de *TRF*. A partir deste estágio, o ambiente está preparado para ações de continuidade voltadas à redução do tempo de *setup*, no que se refere a novos projetos de produtos e processos e definição das políticas que definirão o futuro da planta produtiva.

A proposta sistemática segue os passos descritos a seguir:

- Estágio estratégico:
 1. Convencimento da alta gerência.
 2. Definição de metas.
 3. Escolha da equipe de implantação.
 4. Treinamento da equipe de implantação.
 5. Definição da estratégia de implantação.

- Estágio preparatório:
 6. Definição do produto a ser inicialmente abordado.
 7. Definição do processo a ser inicialmente abordado.
 8. Definição da operação a ser inicialmente abordada.

- Estágio operacional:
 9. Análise da operação a ser inicialmente abordada.
 10. Identificação das operações internas e externas do *setup*.
 11. Conversão do *setup* interno em externo.
 12. Prática da operação de *setup* e padronização.
 13. Eliminar ajustes.
 14. Eliminar o *setup*.

- Estágio de consolidação:
 15. Consolidação da *TRF* em todos os processos da empresa

5.1 ESTÁGIO ESTRATÉGICO

5.1.1 Convencimento da alta gerência

A alta gerência pode ser considerada como o nível hierárquico da empresa que possui o maior grau de influência nas decisões que envolvam mudanças que necessitem de investimentos ou tenham como resultado final alterações significativas no processo de manufatura da empresa.

O convencimento da alta gerência pode ser promovido pela visualização da necessidade de mudança e dos possíveis resultados de melhoria. Tais argumentos permitem obter o comprometimento da alta gerência diante à introdução de um novo processo; no caso, uma sistemática para a troca rápida de ferramentas.

De acordo com Imai (1990) e Falconi (1992), quanto mais elevado o nível da gerência em uma organização, maior deve ser a sua preocupação com a melhoria. A Figura 5.1 ilustra a proporção das responsabilidades de melhoria (ações dirigidas à melhoria dos padrões atuais) e manutenção (ações dirigidas à manutenção dos padrões tecnológicos, administrativos e operacionais atuais), no contexto das indústrias japonesas (Imai, 1990).

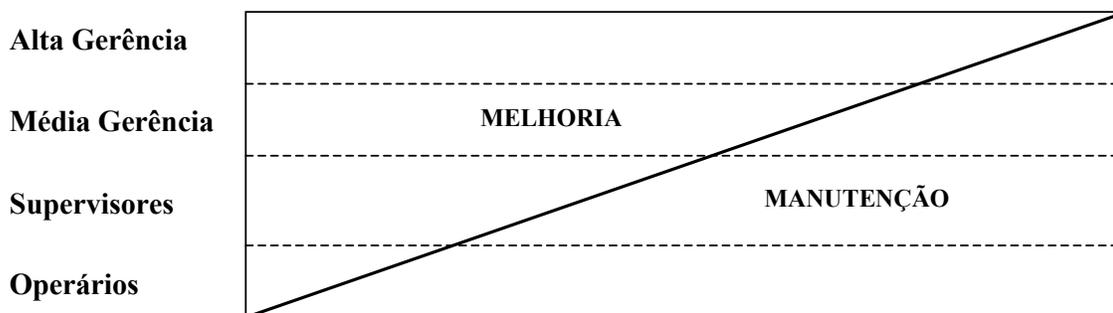


FIGURA 5.1 – Percepção japonesa das funções de melhoria e manutenção voltadas ao processo industrial.

Fonte: Imai, 1990, p. 5

Conforme a Figura 5.1, no modelo japonês, quanto mais alto o nível hierárquico, maior a preocupação e o envolvimento com as ações de melhoria.

No contexto da troca rápida de ferramentas, é necessário para o comprometimento da alta gerência o conhecimento dos seguintes aspectos:

1. Estratégias e técnicas para a troca rápida de ferramentas.
2. Noção dos resultados que possam vir a ser alcançados.

A necessidade de mudança, seja imposta pelas mudanças das características de mercado, ou pela visualização das melhorias que possam ser alcançadas, são fatores favoráveis à solidificação da posição da empresa em seu mercado alvo ou à sua manutenção dentro deste mercado. Estes dois argumentos são suficientes para o início de um projeto de implantação da *TRF*. Para a obtenção de melhorias no tempo de *setup*, o conhecimento das estratégias e técnicas de aplicação da *TRF* e a noção dos resultados que possam ser alcançados formam uma base de conhecimento inicial indispensável a alta gerência. Este conhecimento inicial proporciona condições de uma postura de liderança, comprometimento e continuidade no projeto de implantação da *TRF*.

5.1.2 Definição de metas

Melhoria significa mudança para um padrão melhor. Para conseguir melhorias em processos, é necessário que metas sejam definidas com antecedência e precisão (Shingo, 1996). É importante, assim, que metas sejam definidas de forma clara, expressando objetivos possíveis de serem atingidos, considerando-se um ambiente inicial para a implantação de um projeto de melhoria.

As metas para a implantação de um projeto de *TRF* devem levar em consideração três fatores:

- Existência e análise de indicadores que comprovem a situação inicial dos tempos de *setup* antes do início do projeto.
- Definição do percentual de redução de tempo de *setup* que se deseja alcançar.

- Definição de um cronograma de implantação, que contenha a seqüência das atividades de implantação, os responsáveis por cada atividade e uma estimativa de tempo para conclusão de cada atividade.

A inexistência de indicadores que comprovem os valores dos tempos de *setup*, que é o primeiro passo para a definição de uma proposta de redução, pode tornar inviável um projeto de troca rápida de ferramentas (Moxham & Greatbanks, 2000). Se não houver indicadores, é necessário a sua implantação e posterior análise para, então, ser possível o estabelecimento das metas de redução dos tempos de *setup*.

Na definição do cronograma de implantação, lista-se a seqüência das atividades para a implantação acompanhada de datas e indivíduos responsáveis. O programa de implantação é detalhado no Item 5.1.5.

5.1.3 Escolha da equipe de implantação

A definição da equipe de implantação é um ponto de grande importância no projeto de implantação de uma sistemática de *TRF*. A equipe de implantação é responsável pela velocidade e sucesso das ações no projeto de implantação. Os times de implantação, conforme Figura 5.2, são formados por funcionários que trabalham na melhoria das operações e processos do seu ambiente de trabalho; a equipe de implantação, por sua vez, coordena e acompanha o desenvolvimento da implantação da *TRF* em toda a empresa.

Algumas características importantes que a equipe de implantação deve possuir, são descritas a seguir:

- Conhecimento dos processos: quanto maior o conhecimento dos processos da empresa, maior a precisão na definições das ações de redução de *setup*.
- Autonomia: quanto maior a autonomia da equipe, maior a facilidade de implantar as ações de redução de *setup*.
- Capacidade de liderança: é diretamente proporcional ao grau de convencimento dos elementos dos times de implantação.
- Posição de respeito: a equipe de implantação deve ter a aprovação dos funcionários da empresa.

- Presença de representantes de todas as áreas da empresa: quanto maior a abrangência do projeto em relação aos setores da empresa, maior o número de funcionários comprometidos com o projeto.

A capacidade dos elementos da equipe de implantação, conforme características acima, é um ponto de grande relevância. A partir destas considerações, pode ser definido um organograma para a implantação de uma sistemática voltada à *TRF*, verificando onde as funções estão inseridas, de acordo com os níveis estratégico, tático e operacional, conforme Figura 5.2.

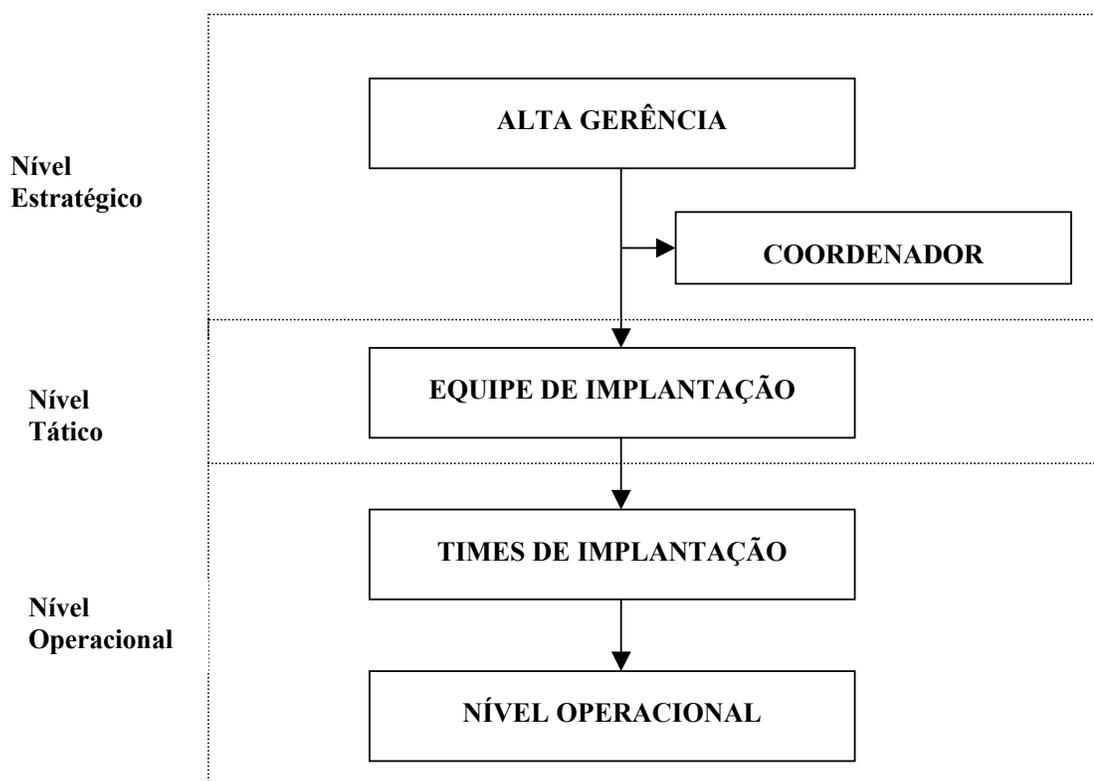


FIGURA 5.2 – Organograma para implantação de uma sistemática de *TRF*.

De acordo com a estrutura do organograma na Figura 5.2, a alta gerência e o coordenador possuem a função de definir e acompanhar estrategicamente o projeto. A equipe de implantação é responsável pela definição e acompanhamento de todas as ações do projeto de implantação da *TRF*. Os times de implantação e o nível operacional (operadores de máquinas e auxiliares) são os responsáveis pela implantação das ações definidas pela equipe de implantação.

5.1.4 Treinamento da equipe de implantação

Outro ponto de relevância no projeto é o treinamento da equipe de implantação. O conhecimento de uma sistemática de implantação voltada à *TRF* a ser repassado à equipe de implantação deve acontecer de maneira abrangente, analisando-se todas as estratégias e técnicas de aplicação, com base em casos de sucesso em relação à sua aplicação prática. O conhecimento necessário para ministrar tal treinamento, pode não ser de domínio dos elementos da equipe; logo, uma análise voltada à utilização de uma consultoria ou treinamento externo pode se fazer necessária. A utilização de consultoria externa, todavia, conforme exposto em Gilmore & Smith (1996), pode não ser a melhor estratégia, pois a equipe de consultores pode não ter a experiência e o conhecimento práticos necessários para a implantação de uma sistemática de *TRF*, no que se refere aos processos e produtos da empresa. Esta avaliação deve ser realizada pelo coordenador do projeto ou alguém com capacidade de avaliar a experiência necessária à equipe de consultores.

Resolvida a questão da realização interna ou externa dos treinamentos, os seguintes aspectos devem ser observados durante a sua execução:

- O número de participantes da equipe de implantação deve ser o suficiente para que haja pelo menos uma pessoa da equipe em cada time de implantação, para atuarem como multiplicadores nestes times.
- Utilização de exemplos práticos, buscando, de acordo com a possibilidade, visitas a empresas que já tenham adotado uma sistemática de redução dos tempos de *setup* com sucesso.
- O conhecimento adquirido pela equipe de implantação deve ser o suficiente para possibilitar o repasse da sistemática a todos os participantes dos times de implantação.

Quanto aos times de implantação, o treinamento pode ter um enfoque voltado à aplicação prática da sistemática. O conhecimento de todas as estratégias e técnicas é importante, mas pode ocorrer de maneira menos abrangente, objetivando o entendimento, a conscientização da necessidade de redução, o comprometimento de todos os membros do grupo e a visualização de uma oportunidade de melhoria em relação a redução dos tempos de *setup*. Este treinamento pode ser realizado pelos componentes da equipe de implantação, o que pode ser mais viável economicamente, além de possibilitar a ênfase em características inerentes à cultura da empresa, aumentando as possibilidades de sucesso.

5.1.5 Definição da estratégia de implantação

A estratégia de implantação corresponde ao planejamento do projeto de troca rápida de ferramentas. De acordo com Ghinato (1996), o planejamento é a atividade que envolve a identificação das alternativas potenciais de ação que possam satisfazer um objetivo e a avaliação dos meios necessários para a implementação destas alternativas.

O primeiro passo na definição da estratégia de implantação de uma sistemática de *TRF* é a definição de um coordenador para o projeto (ver Figura 5.2). Como características de perfil do coordenador, devem ser observados os seguintes aspectos:

- Conhecimento das estratégias e técnicas para aplicação da sistemática de *TRF*.
- Capacidade de liderança.
- Poder e autoridade para tomada de decisões quanto a investimentos e mudanças.
- Conhecimento de sistêmicas para trabalho em grupos.

A função do coordenador é de controle e acompanhamento das ações definidas no cronograma de implantação. O cronograma de implantação define todas as ações que foram elaboradas pela equipe de implantação (ver Item 5.1.3); tais ações devem estar descritas em formulário padrão, disponibilizado a todos os membros da equipe de implantação. A Figura 5.3 traz um exemplo de formulário para acompanhamento do cronograma de implantação.

ATIVIDADE	PRAZO DE REALIZAÇÃO		RESPONSÁVEL	PONTOS IMPORTANTES
	Início	Fim		
Seqüência das atividades definidas para a implantação da <i>TRF</i>	Data inicial para a realização da atividade	Data final para a realização da atividade	Nome do responsável ou responsáveis pela execução da atividade	Definição de como será executada a atividade

FIGURA 5.3 – Exemplo de formulário para acompanhamento e controle das atividade de implantação da *TRF*.

Inserida como uma etapa do planejamento, a elaboração do cronograma de implantação deve considerar as alternativas potenciais de ação e seus respectivos meios de implantação (Ghinato, 1996); logo, é uma etapa que requer conhecimento profundo dos processos da empresa e das estratégias e técnicas para aplicação da sistemática de *TRF*. O potencial da equipe de implantação é então um elemento fundamental para que o projeto de implantação da sistemática de *TRF* tenha sucesso.

5.2 ESTÁGIO PREPARATÓRIO

5.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado

Na determinação do produto a ser inicialmente abordado na implantação da presente sistemática, os esforços devem estar dirigidos a produtos pertencentes à categoria A da curva ABC dos produtos da empresa (ver seção 3.4.1). Conforme Russomano (1995), o percentual de itens A representa aproximadamente 8% do número de produtos e 65% do valor de faturamento. Toda a redução do tempo de *setup* obtida nesses itens poderá ter um maior impacto financeiro na empresa.

Todos os produtos devem fazer parte da aplicação prática da sistemática de redução do tempo de *setup*. A utilização da curva ABC pode determinar uma seqüência de implantação dos produtos da empresa; a utilização desta seqüência deve levar a ganhos financeiros mais significativos, incrementando a motivação para uma maior utilização da sistemática nos demais produtos da empresa. Produtos com ciclo de vida curto ou em final de produção não devem ser foco de esforços para a melhoria do processo ou redução dos tempos de *setup*.

5.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado

Conforme Shingo (2000), uma sistemática de *TRF* deve ser aplicada em todas as atividades produtivas do processo de manufatura que contenham operações de *setup*. Assim, verifica-se que a *TRF* é uma ferramenta de grande abrangência dentro da organização. É importante observar, todavia, que projetos dessa natureza envolvem mudança de comportamento, devendo ser iniciados através de uma experiência piloto. A definição de um

processo piloto ou inicial é importante para que haja sedimentação dos conceitos da sistemática de *TRF* e teste prático dos novos conhecimentos adquiridos. A definição do processo piloto possibilita uma reavaliação e revisão de ações que porventura não tenham obtido êxito na aplicação prática, antes de sua replicação em outros processos da empresa.

A definição do processo inicial é um complemento dos conceitos do Item 5.2.1 pois, após verificado o produto a ser focado numa primeira implantação da sistemática, deve-se determinar o processo piloto, seguindo a idéia de trabalhar no processo gargalo (ver seção 5.2.3), onde estes ganhos podem efetivamente ser maiores.

O processo piloto, trabalhado pelos membros da equipe de implantação, será um laboratório com a participação de todos os membros desta equipe. O laboratório pode ser uma forma de promover a sistemática de *TRF* dentro da organização, aproveitando os resultados positivos alcançados como elementos promotores de motivação e envolvimento de toda a empresa.

5.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada

Outro aspecto a ser observado, além da determinação do produto e processo a serem inicialmente abordados, é a determinação de qual ou quais operações deste processo de fabricação devem ser priorizadas. Segundo Antunes & Rodrigues (1993), sob o enfoque da *Theory of Constraints (TOC – Teoria das Restrições)*, após a utilização dos conceitos de identificação das restrições pode-se encontrar na aplicação prática de uma sistemática de *TRF* uma possibilidade de solução para a restrição, o que pode evitar a aquisição de novos equipamentos e, principalmente, estabelecer uma operação para dar início à aplicação prática da sistemática de *TRF*.

5.3 ESTÁGIO OPERACIONAL

5.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada

Na etapa de análise da operação inicial, todas as atividades inerentes ao *setup* desta operação são relacionadas através do uso de uma *checklist*. Na *checklist*, todas as

atividades realizadas no *setup* são descritas e detalhadas quanto ao seu tempo médio de execução e indivíduos tipicamente responsáveis pela sua execução.

A elaboração da *checklist* permite, além da documentação das atividades do *setup*, a identificação e análise de cada atividade. Com a documentação dessas atividades, pode-se concluir pela não necessidade de realização de algumas atividades no procedimento normal de *setup*. A identificação e análise das atividades de *setup*, segundo Shingo (1996 e 2000), pode reduzir o tempo de troca de ferramentas entre 30 e 50%.

Para racionalizar a análise das atividades documentadas na *checklist*, de acordo com Black (1998) e Falconi (1992), podem ser utilizadas técnicas de análise e solução de problemas. Outro subsídio aplicável a esta etapa é a filmagem de toda a operação de *setup* para posterior estudo. Essa filmagem deve documentar todas as atividades e movimentações, seja de ferramentas ou de participantes durante a operação de *setup*. A técnica de filmagem da operação de *setup* pode ocorrer, também, após a implantação de cada melhoria, verificando-se, comparativamente, a situação inicial e final. Esta ação pode ser utilizada como elemento de motivação na continuidade do processo de implantação.

5.3.2 Identificação das operações internas e externas do *setup*

A identificação das operações de *setup* interno (possíveis de serem realizadas somente com o equipamento parado) e externo (possíveis de serem realizadas com o equipamento em operação) é uma continuidade da análise da operação inicial. Este estudo está focalizado na identificação e separação das operações do *setup* que podem ser realizadas com o equipamento em operação, antes da parada para início de nova operação.

As técnicas de análise e solução de problemas e filmagem da operação do *setup* também são ferramentas auxiliares para a identificação do *setup* interno do externo. A filmagem da operação de *setup* também é uma das ferramentas mais adequadas nesta etapa, pois possibilita uma avaliação crítica da operação de *setup*, permitindo a análise e discussão através da repetição do vídeo o número de vezes que for necessário.

5.3.3 Converter *setup* interno em externo

As operações do *setup* interno, separadas das operações do *setup* externo na etapa anterior, devem ser reexaminadas para a verificação da possibilidade de serem

realizadas enquanto o equipamento estiver em operação. De acordo com Shingo (1996 e 2000), a conversão do *setup* interno em externo é obtida pela análise da função das operações do *setup*, buscando uma reavaliação dos procedimentos convencionais e de novas possibilidades de melhoria.

A partir desta etapa, todas as operações consideradas desnecessárias, ou seja, operações que não contribuem para a melhoria da operação do *setup*, devem ser identificadas e eliminadas (Harmon & Peterson, 1991). Este procedimento pode ser realizado ainda durante a análise da operação inicial.

As técnicas de análise e solução de problemas e filmagem da operação do *setup* também podem ser aplicadas nesta etapa. Outra técnica possível de ser aplicada é o projeto estatístico de experimentos, com o objetivo de determinar o ajuste ótimo dos equipamentos e eliminar o tempo perdido no *setup* em operações de tentativa-e-erro.

5.3.4 Praticar a operação de *setup* e padronizar

As etapas anteriores do estágio operacional, descritas acima, estão direcionadas à análise da operação inicial, identificação e separação do *setup* interno do externo e conversão do *setup* interno em externo. Estas etapas têm como característica principal a observação e análise da operação em estudo. A prática da operação de *setup* e posterior padronização está voltada à execução das ações estudadas durante as atividades de observação e análise.

A presente etapa de operacionalização do *setup* tem por objetivo colocar em prática as ações definidas na observação e análise, contabilizando os resultados de melhoria alcançados e repetindo as ações do *setup* até a obtenção do melhor resultado. A obtenção de uma melhoria no *setup* deve ser documentada, divulgada a todos os participantes do *setup* e colocada em prática nas operações de *setup* posteriores. A padronização da melhoria é importante para a manutenção dos padrões nas futuras operações de *setup*. O trabalho padronizado, é a combinação ótima de operários, máquinas e materiais (Imai, 1990).

Para a prática e padronização do *setup*, Shingo (1996 e 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998) apontam algumas técnicas, que são detalhadas no Capítulo 4: utilização de dispositivos de fixação rápida; padronização apenas das partes necessárias dos equipamentos e ferramentas; utilização de elementos auxiliares, padronizados,

para eliminar ajustes durante o *setup* interno; utilização de dois ou mais operadores realizando operações paralelas simultaneamente; utilização de *kits* de ferramentas necessárias ao *setup* agrupadas conforme necessidade e localizadas próximas ao ponto de uso; estudo do equipamento ou ferramenta, na fase do projeto, voltado à *TRF*.

O resultado alcançado na execução e padronização do *setup* é diretamente proporcional ao esforço despendido nas ações de planejamento, observação e análise dos estágios estratégico, preparatório e operacional. O tempo e esforços gastos nestes três estágios deve ser o necessário para que as metas, estabelecidas no Item 5.1.2, sejam plenamente alcançadas.

5.3.5 Eliminar ajustes

Os ajustes consomem de 50 a 70% do tempo total do *setup* interno (Mondem, 1983). Considerando-se que o ajuste é uma operação desnecessária (Shingo, 1996 e 2000), a eliminação de ajustes pode evitar a ocorrência do período de *run-up* (Mcintosh *et al.*, 2000), possibilitando um processo estável logo após a operação de *setup*. Durante o *run-up*, o processo sofre uma série de pequenos ajustes, até sua estabilização. Durante esse período, a produção costuma ocorrer abaixo da capacidade efetiva do processo, gerando um grande número de itens não-conformes.

A redução ou eliminação de ajustes característicos ao processo de *run-up* é possível de ser alcançada com a realização de calibrações, padronização de operações e componentes, manutenção preventiva do equipamento, utilização de documentação, regulagens e instrumentalização do equipamento. Também nesta etapa, o projeto estatístico de experimentos pode ser uma importante ferramenta auxiliar na determinação rápida dos melhores ajustes para o processo.

5.3.6 Eliminar o *setup*

A eliminação do *setup* seria a solução ideal em um contexto de manufatura *JIT*, o que geralmente não é possível. A eliminação do *setup* tem a maior possibilidade de ocorrer na fase de projeto do produto, buscando-se a intercambiabilidade de peças; outra solução seria a automatização do *setup*, em casos onde o custo de implantação não seja proibitivo.

A eliminação total do *setup* pode não ser viável, mas a aplicação dos passos da sistemática proposta para a redução do tempo de preparação, utilizando as estratégias e técnicas mais adequadas para cada *setup*, aplicadas o número de vezes que for necessário, pode resultar em grandes reduções nos tempos de *setup*.

5.4 ESTÁGIO DE CONSOLIDAÇÃO

5.4.1 Consolidação da *TRF* em todos os processos da empresa

No projeto de implantação, todos os esforços de redução dos tempos de *setup* devem estar alinhados com as ações realizadas em todos os processos de manufatura da empresa. O alinhamento destes esforços evita o desperdício de tempo e capital em ações que não tenham como resultado a melhoria dos tempos de *setup* e, conseqüentemente, a melhoria global do processo.

Os esforços de melhoria não devem ser direcionados a processos que receberão investimentos em novas tecnologias ou equipamentos, ou processos que venham a ser eliminados. Esta estratégia está diretamente relacionada com a definição de metas e de uma estratégia de implantação; ou seja, é necessário uma análise do futuro da planta produtiva em relação a inovações tecnológicas, aquisição de novos equipamentos e criação de novos produtos, relacionando estas análises com a sistemática de *TRF*. Novos processos, resultado de novos produtos ou mudanças tecnológicas, a partir da aplicação da sistemática, devem estar inseridos nos novos conceitos adquiridos com a implantação da sistemática de *TRF*.

Como geralmente um processo de implantação é considerado como uma ação de longo prazo, o treinamento deve englobar todos os funcionários da empresa, devendo fazer parte inclusive do treinamento de novos funcionários, independente da participação ou não destes nas equipes e times de implantação. Uma atenção especial deve ser direcionada ao treinamento dos setores de manutenção e matrizaria, assim como a adequação da disponibilidade de tempo necessária destes setores com o projeto de implantação da *TRF*, visto que tais setores são de importância estratégica no projeto.

Os indicadores de resultados em uma sistemática de implantação de *TRF* podem ser comprovados pela medição do tempo de *setup* antes e depois da implantação ou

pelo cálculo do lote econômico de fabricação (ver seção 3.4). O tempo de *setup* é um ótimo indicador para a aplicação de uma sistemática de *TRF*, pois é fácil de ser verificado durante toda a evolução da implantação da sistemática de *TRF*.

No cálculo do lote econômico de fabricação, busca-se um equilíbrio entre dois custos conflitantes: os custos de *setup* e de guarda de estoque. Se o custo associado ao *setup* for alto, o lote econômico de fabricação será grande, pois o esforço será no sentido de diluir estes custos em um maior número de peças produzidas. Segundo Slack (1993), o tempo de atravessamento é um fator diferencial no custeio de um sistema de manufatura, logo, movimentações de materiais através de operações mais rápidas resultam em uma operação mais enxuta e produtiva. Como esta redução proporciona uma aproximação entre os requisitos do cliente e a resposta da empresa, é de importância estratégica a análise comparativa do tamanho de lote antes e após a aplicação da sistemática de *TRF*. Uma análise comparativa, realizada pelo cálculo do lote econômico de fabricação, conforme equação (10) da seção 3.4, antes e depois da aplicação prática da sistemática, pode comprovar a evolução do projeto. Os resultados após implantação devem tender a um valor de tamanho de lote menor, que é um dos objetivos da *TRF*.

O projeto de novos produtos, considerando que os resultados da implantação da sistemática de *TRF* apontam para a redução dos tempos de *setup* e possibilidade de redução do tamanho do lote econômico de fabricação, deve contemplar as estratégias e técnicas de implantação da sistemática, principalmente aquelas voltadas à padronização e simplificação de componentes. O projeto de um produto com foco na *TRF*, conforme Item 5.3.6, pode abolir a troca de ferramentas, seja pela intercambiabilidade de peças ou possibilidade de fabricação de peças ao mesmo tempo (em paralelo).

A construção padronizada de dispositivos, ferramentas e equipamentos é outro elemento para a consolidação da *TRF*. A padronização deve acontecer somente nas partes cujas funções são necessárias à troca de ferramentas, através da análise da função de cada parte ou conjunto, com o objetivo da troca do menor número possível de elementos no *setup*.

Outra ação que contribui para a consolidação da *TRF*, é a construção de dispositivos, equipamentos e ferramentas que proporcionem a segurança pessoal dos operadores que irão manuseá-los. A maior probabilidade de ocorrência de acidentes ocorre durante a realização de ajustes, pois é quando ocorre a interferência do operador. Quando o regime de trabalho do equipamento é permanente, a probabilidade de ocorrência de acidentes

é menor. A construção de dispositivos, ferramentas ou equipamentos seguros está relacionada ao projeto do produto; logo, a visão do projetista deve abranger a segurança, assegurando um processo de fabricação sem riscos ao operador.

Na evolução do projeto de *TRF*, um dos objetivos é conseguir um processo estável. O processo estável é obtido pela repetição padronizada do *setup* e dos tempos de produção. A garantia da repetição dos tempos de produção depende da capacidade do equipamento em manter estáveis as condições de cada ciclo de produção. A conservação e calibração do equipamento é fundamental para a estabilidade do processo. A realização de inspeções programadas de manutenção ou da intervenção do operador em pontos chaves do equipamento, resultados de um plano de manutenção preventiva, preditiva ou de um programa de manutenção produtiva total (*TPM – Total Productive Maintenance*; ver Nakajima, 1988) é uma maneira de garantir a estabilidade do processo.

6 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, apresenta-se uma aplicação prática da sistemática para troca rápida de ferramentas proposta no Capítulo 5, realizada na Madecenter Móveis Ltda. A Madecenter Móveis Ltda. é uma empresa do ramo moveleiro, especializada na fabricação de móveis cujas peças são manufaturadas de chapas de aglomerado. A empresa localiza-se na cidade de Bento Gonçalves, onde foi fundada em junho de 1976.

Neste estudo de caso, no estágio estratégico, a fase de convencimento da alta gerência e a motivação para implantação da sistemática para troca rápida de ferramentas foi facilitada pelo fato do coordenador ser o autor desta dissertação.

6.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

As famílias de produtos fabricados pela Madecenter Móveis Ltda. estão divididas em 9 categorias. Na Tabela 6.1 apresentam-se as famílias e, seu respectivo percentual de receita resultante do volume mensal de venda de cada produto.

TABELA 6.1 – Distribuição e representatividade das famílias de produtos Madecenter.

FAMÍLIA / % RECEITA	MÊS						MÉDIA
	02/2001	03/2001	04/2001	05/2001	06/2001	07/2001	
Roupeiro	66,61%	63,24%	69,72%	58,90%	61,63%	57,73%	62,86%
Infantil	14,06%	16,93%	11,04%	19,72%	11,67%	15,01%	14,60%
Cômoda /escrivania	6,83%	8,37%	9,48%	9,47%	7,46%	6,91%	8,07%
Modulado	6,59%	6,57%	3,79%	6,14%	4,78%	4,28%	5,26%
Cama	3,66%	3,61%	5,21%	4,83%	4,04%	5,03%	4,45%
Mão-de-obra	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,42%	10,40%	3,64%
Espelho	1,15%	1,28%	0,70%	0,93%	1,01%	0,65%	0,93%
Estante	0,98%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%
Cozinhas	0,12%	0,00%	0,06%	0,01%	0,00%	0,00%	0,03%
TOTAL	100%						

A partir da Tabela 6.1, é possível verificar que a família *roupeiros* representa o maior percentual do faturamento da empresa. A família *roupeiros* é composta de móveis que

são diferenciados pelo número (duas a seis) e largura das portas, assim como pela profundidade e altura do roupeiro.

A linha de produção da Madecenter, cuja característica é trabalhar com chapas de aglomerado, é composta por seis processos, (i) corte de chapas, (ii) usinagem / colagem de bordas, (iii) furação, (iv) pintura, (v) usinagem / colagem de borda de peças manuais e (vi) embalagem. Esses processos são brevemente descritos na seqüência.

- *Corte de chapas*: processo realizado em equipamentos operados com auxílio de computador. O equipamento é carregado com chapas de aglomerado de espessura de 12 ou 15 milímetros, largura de 1500 ou 1850 milímetros e comprimento de 2200 ou 2750 milímetros. Estas chapas são cortadas em peças menores, otimizadas para obter o melhor aproveitamento possível da área da chapa, através da utilização de um *software* específico. Aproximadamente 92% das peças são cortadas com uma sobra dimensional de 1,5 milímetros na largura e comprimento, para possibilitar o esquadrejamento na operação seguinte. Aproximadamente 8% das peças já são cortadas na medida final.
- *Usinagem / colagem de bordas*: processo posterior ao corte de chapas, realizado em equipamentos operados com auxílio de controladores lógicos programáveis (*CLP*). Alguns equipamentos são carregados manualmente, outros automaticamente. Esses equipamentos são compostos de grupos de usinagem que executam o esquadrejamento da peça na medida final e por grupos de colagem de fitas de bordas. As fitas de bordas são fitas de papel ou plástico, coladas por estes equipamentos nas extremidades das peças, reproduzindo o padrão do revestimento da chapa. Neste processo, algumas peças necessitam de duas operações, pois ocorre a usinagem / colagem da borda em apenas dois lados da peça em cada operação (comprimento ou largura).
- *Furação*: processo posterior à usinagem / colagem de bordas, realizado em furadeiras de múltiplos cabeçotes, operadas com auxílio de *CLP's*. Algumas peças necessitam de duas operações na furadeira. A alimentação e descarga são realizadas manualmente. Cada máquina possui de dois a cinco cabeçotes inferiores e superiores e dois laterais. Nesses cabeçotes podem

ser colocadas até 21 brocas, obedecendo uma distância padrão de 32 milímetros entre os centros das brocas. Dentre os processos da empresa, a furação é o de maior tempo de *setup*.

- *Pintura*: processo posterior à usinagem / colagem de bordas ou furação, realizado em três linhas de pintura. As linhas de pintura são compostas de rolos aplicadores e túneis de secagem de tinta. O tempo de *setup* de peças da mesma cor e espessura é praticamente nulo, tornando-se significativo apenas quando há ocorrência de troca de cor; tal troca acontece em média uma vez por dia. Estas linhas trabalham 24 horas por dia e o tempo médio de troca de cor é de 40 minutos, logo, não é representativo em relação ao tempo em operação.
- *Embalamento*: processo final do sistema produtivo da empresa, onde as peças prontas são colocadas à frente de uma esteira de embalagem, conforme o tipo de produto, para posteriormente serem agrupadas dentro de uma caixa de papelão. A composição destas peças fabricadas com produtos comprados de terceiros formam o produto final da empresa. Este produto é montado por terceiros no cliente final.

Os processos descritos até então são aqueles onde passam aproximadamente 93% das peças fabricadas na empresa. A manufatura da Madecenter Móveis Ltda. trabalha em dois turnos de oito horas cada, nos quais ocorre a operação de todos os equipamentos e um terceiro turno de seis horas, operando com aproximadamente 30% dos equipamentos.

Com referência à mão-de-obra, a média, de Janeiro a Outubro de 2001, do número médio de funcionários da Madecenter Móveis Ltda. foi de 261, com um faturamento médio por funcionário de R\$ 12.554,00.

Quanto ao volume de produção, conforme a distribuição da Tabela 6.1, foram produzidos de Janeiro a Outubro de 2001 um volume de 488.494 móveis, com média mensal de 48.849 móveis. Para a efetivação deste volume de produção, foram cortadas 408.159 chapas de aglomerado, com média mensal de 40.816 chapas. Este volume total de chapas de aglomerado corresponde a 31.148 metros cúbicos.

Na Tabela 6.2 estão listados os principais equipamentos utilizados nos processos descritos anteriormente, divididos por seus respectivos setores.

TABELA 6.2 – Tempo disponível e representatividade do tempo de *setup* dos equipamentos da Madecenter Móveis Ltda.

SIG PARADAS MADECENTER																
SETOR	Equipamento	JUNHO			JULHO			AGOSTO			SETEMBRO			OUTUBRO		
		Tempo em operação (min)	Parada setup (min)	%	Tempo em operação (min)	Parada setup (min)	%	Tempo em operação (min)	Parada setup (min)	%	Tempo em operação (min)	Parada setup (min)	%	Tempo em operação (min)	Parada setup (min)	%
CORTE	Seccionadora Giben	19.913	419	2,1%	22.884	833	3,6%	24.239	563	2,3%	19.382	146	0,8%	22.916	227	1,0%
	Seccionadora Gabianni	20.273	4.529	22,3%	22.874	3.893	17,0%	24.239	3.473	14,3%	18.677	2.305	12,3%	21.626	2.120	9,8%
	Seccionadora Holzma	20.498	406	2,0%	23.114	602	2,6%	24.584	596	2,4%	19.382	547	2,8%	22.916	596	2,6%
MÉDIA		20.228	1.785	8,8%	22.957	1.776	7,8%	24.354	1.544	6,4%	19.147	999	5,3%	22.486	981	4,5%
COLADEIRAS	Homag	19.535	171	0,9%	22.927	401	1,7%	24.239	581	2,4%	18.677	486	2,6%	22.251	794	3,6%
	Softforming	20.498	385	1,9%	23.109	633	2,7%	24.054	775	3,2%	19.382	614	3,2%	22.631	720	3,2%
	Unilateral	20.123	490	2,4%	22.652	266	1,2%	24.239	220	0,9%	18.677	118	0,6%	22.271	153	0,7%
	Linha	20.123	586	2,9%	22.946	977	4,3%	24.068	822	3,4%	19.037	892	4,7%	21.986	1.151	5,2%
MÉDIA		20.070	408	2,0%	22.909	569	2,5%	24.150	600	2,5%	18.943	528	2,8%	22.285	705	3,2%
FURADEIRAS	Furadeira 12	19.715	7.175	36,4%	22.652	7.063	31,2%	24.239	7.959	32,8%	18.677	6.378	34,1%	23.144	7.554	32,6%
	Furadeira 13	20.348	15.854	77,9%	22.904	14.624	63,8%	24.239	10.348	42,7%	19.727	9.421	47,8%	22.784	9.559	42,0%
	Furadeira 14	20.120	13.138	65,3%	22.784	10.026	44,0%	24.584	10.400	42,3%	19.727	8.565	43,4%	23.276	10.216	43,9%
	Furadeira 15	19.763	493	2,5%	22.652	1.275	5,6%	23.799	2.398	10,1%	19.382	2.166	11,2%	22.271	3.105	13,9%
	Furadeira 16	20.123	4.693	23,3%	22.652	5.445	24,0%	24.239	5.242	21,6%	19.022	4.386	23,1%	22.631	4.577	20,2%
	Furadeira 17	19.988	4.394	22,0%	22.652	3.210	14,2%	24.563	4.540	18,5%	19.022	3.362	17,7%	22.631	3.447	15,2%
MÉDIA		20.010	7.625	37,9%	22.716	6.941	30,5%	24.277	6.815	28,0%	19.260	5.713	29,5%	22.790	6.410	28,0%
PINT	Pintura Rolo	19.895	740	3,7%	23.314	549	2,4%	25.853	1.141	4,4%	19.906	613	3,1%	23.395	800	3,4%
	Pintura Ultra-Violeta	20.673	1.286	6,2%	22.652	1.518	6,7%	24.239	1.294	5,3%	20.615	908	4,4%	22.784	383	1,7%
MÉDIA		20.284	1.013	5,0%	22.983	1.034	4,5%	25.046	1.218	4,9%	20.261	761	3,7%	23.090	592	2,6%

A Tabela 6.2 contém informações do tempo total disponível (em minutos) de operação dos equipamentos, bem como o tempo de *setup* e sua representatividade perante o tempo total, considerando-se o período de junho a outubro do ano de 2001. Os setores e equipamentos da Tabela 6.2 são aqueles onde são fabricadas aproximadamente 92% das peças que compõem os produtos da empresa.

6.2 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA

A aplicação prática da sistemática na Madecenter Móveis Ltda. seguiu os passos do Capítulo 5. Alguns dos passos propostos foram aplicados e comprovados; outros foram definidos e planejados, com resultados de médio e longo prazos, os quais não se efetivaram até o momento da conclusão deste trabalho.

6.2.1 Estágio estratégico

6.2.1.1 Convencimento da alta gerência

A Figura 6.1 mostra um organograma da Madecenter Móveis Ltda., com seus respectivos níveis hierárquicos, onde está indicada a composição da alta gerência.

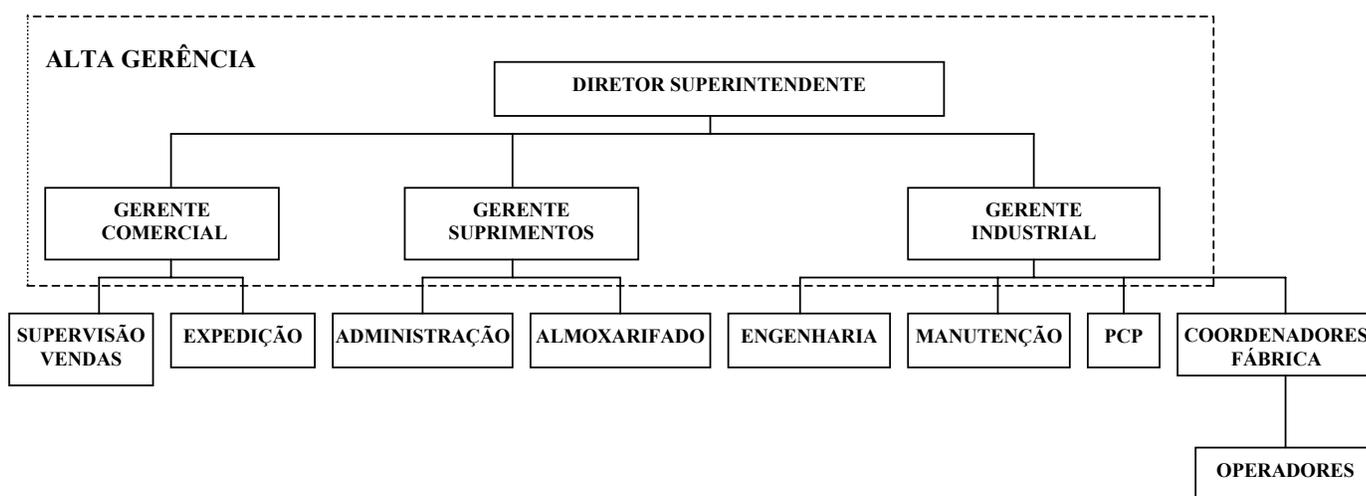


FIGURA 6.1 – Organograma da Madecenter Móveis Ltda.

Conforme Figura 6.1, compõem a alta gerência o diretor superintendente e os gerentes comercial, de suprimentos e industrial. Como característica da Madecenter Móveis Ltda., a ênfase do diretor superintendente está na cobrança de resultados, considerando-se as metas estabelecidas no planejamento estratégico anual. É função do corpo gerencial a formulação das estratégias e ações para que tais metas sejam obtidas.

Para aplicação da sistemática de troca rápida de ferramentas, os setores de engenharia, manutenção e *PCP*, assim como os coordenadores e operadores de máquinas que estão ligados à gerência industrial, formam o grupo necessário à implantação desta sistemática. O gerente industrial da Madecenter Móveis Ltda. é o autor desta proposta para implantação de uma sistemática de troca rápida de ferramentas na indústria moveleira; logo, considera-se que o conhecimento das estratégias e técnicas para a implantação da sistemática, a noção dos resultados que possam vir a ser alcançados, assim como o comprometimento da alta gerência são suficientes para a obtenção de resultados favoráveis de redução dos tempos de *setup*.

6.2.1.2 Definição de metas

Para a definição de metas, são consideradas metas para curto prazo (até 90 dias), médio prazo (até 360 dias) e longo prazo (a partir de 360 dias).

São consideradas como metas de curto prazo a escolha de uma equipe de implantação, o treinamento desta equipe de implantação, a elaboração do cronograma de implantação da sistemática de *TRF* e a aplicação da sistemática no processo inicial.

Como metas de médio prazo, têm-se o treinamento e formação dos times de implantação, redução do tempo médio de *setup* das furadeiras (conforme Tabela 6.2) de 30,8% para no mínimo 15% e a aplicação da sistemática de *TRF* nas furadeiras 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Finalmente, como meta de longo prazo, a aplicação da sistemática em outros setores da empresa.

6.2.1.3 Escolha da equipe de implantação

Para a escolha da equipe de implantação, foram considerados alguns aspectos, tais como: (i) a equipe deve conter pelo menos um participante para atuar em cada setor

listado na Tabela 6.2; (ii) a equipe deve contar com dois participantes do setor de furadeiras; (iii) cada participante deve estar pelo menos cursando nível superior; (iv) a equipe deve contar com a participação de todos os coordenadores da fábrica. Estes aspectos somam-se as características necessárias aos componentes da equipe de implantação listadas no Item 5.1.3.

A equipe de implantação, considerando os aspectos acima e as características do Item 5.1.3, ficou composta de sete participantes: três coordenadores de fábrica, coordenador da manutenção, coordenador do *PCP*, coordenador da engenharia e coordenador do projeto de implantação da *TRF*.

A Figura 6.2 mostra a estrutura da equipe de implantação.

CARGO	FUNÇÃO NA EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO
Gerente Industrial	Coordenador
Coordenador Diurno	Multiplicador
Coordenador Vespertino	Multiplicador
Coordenador Noturno	Multiplicador
Coordenador <i>PCP</i>	Multiplicador
Coordenador Engenharia	Multiplicador
Coordenador Manutenção	Multiplicador

FIGURA 6.2 – Estrutura da equipe de implantação da sistemática de *TRF*.

6.2.1.4 Treinamento da equipe de implantação

O treinamento da equipe de implantação teve como base a proposta de implantação de uma sistemática de *TRF* descrita no Capítulo 5. Este treinamento foi realizado em duas etapas: na primeira etapa, foi treinada a equipe de implantação; na segunda etapa, serão treinados os times de implantação. A primeira etapa do treinamento, realizada pelo coordenador do projeto de implantação, dispensou a utilização de consultoria externa.

A parte teórica do treinamento da primeira etapa, voltada à compreensão das estratégias e técnicas para a implantação da *TRF* foi realizada em um período de 20 horas, durante duas semanas. O material didático fornecido a cada participante é uma cópia dos Capítulos 4 e 5. O objetivo principal deste treinamento foi capacitar os participantes para atuarem no primeiro processo a ser abordado na sistemática de *TRF*, para então capacitar os participantes a serem os multiplicadores nos times de implantação.

O treinamento da segunda etapa ocorrerá após a realização do processo piloto, com uma parte teórica mais enxuta, onde o material didático a ser utilizado será a proposta de implantação da *TRF* do Capítulo 5, com ênfase nos resultados e na filmagem da aplicação prática no processo piloto. A carga horária prevista para o treinamento dos times de implantação é de 10 horas, sendo este realizado pelos multiplicadores.

6.2.1.5 Estratégia de implantação

A estratégia de implantação está definida no cronograma de implantação, conforme Figura 6.3, onde estão listadas na seqüência de implantação todas as atividades para a implantação do programa de *TRF*, com seus respectivos responsáveis e datas previstas para início e fim de cada atividade.

 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DA TRF				
ATIVIDADE	PRAZO DE REALIZAÇÃO		RESPONSÁVEL	PONTOS IMPORTANTES
	Início	Fim		
Preparar material didático para treinamento da equipe de implantação	06/2001	08/2001	Gerente Industrial	Preparar material escrito para cada participante com exemplos de aplicação
Definir a equipe de implantação	03/09/2001	06/09/2001	Gerente Industrial	Observar o número necessário para haver pelo menos um multiplicador para cada setor da empresa
Treinamento da equipe de implantação	10/09/2001	28/09/2001	Gerente Industrial	Utilizar teoria do Capítulo 4 e sistemática do Capítulo 5; ênfase em exemplos de aplicação
Definição do produto, processo e operação a ser iniciada a implantação da <i>TRF</i>	01/10/2001	19/10/2001	Gerente Industrial	Utilizar sistemática apresentada no treinamento da equipe de implantação; verificar a participação da equipe de implantação durante esta definição
Aplicação prática do processo piloto	01/11/2001	15/01/2002	Equipe de implantação	Verificar o número necessário de medições (determinar o tamanho da amostra)
Filmagem e documentação do processo piloto	01/11/2001	15/01/2002	Equipe de implantação	Documentar e filmar para utilização no treinamento dos times de implantação
Definir os times de implantação	15/01/2002	28/03/2002	Equipe de implantação	Verificar em quais processos trabalhar; verificar a qualificação dos participantes dos times

Treinamento dos times de implantação	15/03/2001	-	Equipe de implantação	Utilizar a filmagem do processo piloto; explorar os resultados possíveis de serem alcançados
Aplicação da sistemática em todos os setores da empresa	01/04/2002	-	Equipe de implantação	Medir os resultados alcançados e utilizar nos treinamentos dos demais times de implantação

FIGURA 6.3 – Cronograma de implantação da sistemática de *TRF* na Madecenter Móveis Ltda.

A Figura 6.3 define os passos de implantação da sistemática de *TRF* na Madecenter Móveis Ltda. Os passos seguem a sistemática proposta no Capítulo 5, onde o treinamento da equipe de implantação e a aplicação prática do processo piloto são pontos de relevância no processo de implantação. A obtenção de resultados até a fase da implantação formará um ambiente favorável para a implantação dos passos seguintes.

6.2.2 Estágio preparatório

6.2.2.1 Definição do produto a ser inicialmente abordado

Conforme Item 5.2.1, o produto a ser inicialmente abordado na implantação da sistemática de *TRF* corresponde a produtos que pertençam à categoria A da curva ABC dos produtos da empresa. A Tabela 6.3 e a Figura 6.4 ilustram a distribuição da venda e a curva ABC das linhas produtos da Madecenter Móveis Ltda.

TABELA 6.3 – Distribuição e representatividade das linhas de produtos Madecenter.

RECEITA POR LINHA DE PRODUTOS MADECENTER								
Família /Linha de Produtos	02/2001	03/2001	04/2001	05/2001	06/2001	07/2001	Total Global	
ROUPEIRO	RT	27,48%	23,96%	41,15%	25,42%	32,81%	28,01%	30,17%
	RP	18,67%	22,69%	9,92%	12,50%	13,06%	9,08%	13,75%
	RV	6,11%	7,04%	6,93%	9,49%	8,28%	12,67%	8,56%
	RG	9,35%	8,84%	8,04%	9,25%	6,06%	6,17%	7,85%
	RN	4,07%	0,04%	1,09%	0,65%	1,13%	1,66%	1,48%
	PM	0,00%	0,00%	2,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,42%
	RQ	0,93%	0,67%	0,19%	0,39%	0,25%	0,14%	0,40%
	RR	0,21%	0,20%	0,02%	0,37%	0,16%	0,25%	0,20%
INFANTIL	RB	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,00%	0,00%	0,03%
	RI	12,97%	16,32%	10,56%	18,32%	10,96%	14,47%	13,79%
	I	1,09%	0,61%	0,48%	1,40%	0,71%	0,54%	0,81%
	KI	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	PC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
RA	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	

CÔMODA / ESCRIVANINHA	KB	2,93%	3,88%	5,48%	4,20%	4,26%	3,71%	4,10%
	RK	1,48%	2,46%	1,33%	1,55%	1,14%	1,18%	1,47%
	LC	0,71%	0,95%	0,62%	1,33%	1,40%	1,25%	1,06%
	LI	0,49%	0,91%	0,74%	1,53%	0,79%	0,56%	0,83%
	RC	0,00%	0,00%	0,00%	0,96%	0,05%	0,00%	0,18%
	ME	0,25%	0,18%	0,07%	0,14%	0,10%	0,07%	0,13%
	MF	0,11%	0,12%	0,05%	0,06%	0,06%	0,04%	0,07%
	PR	0,05%	0,09%	0,05%	0,05%	0,03%	0,04%	0,05%
	CC	0,03%	0,04%	0,04%	0,05%	0,04%	0,06%	0,04%
	LK	0,00%	0,00%	0,00%	0,22%	0,00%	0,00%	0,04%
	LU	0,02%	0,03%	0,01%	0,07%	0,03%	0,05%	0,03%
	LP	0,01%	0,02%	0,01%	0,07%	0,03%	0,02%	0,03%
	LA	0,02%	0,03%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%
	MS	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
AS	0,03%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	
MODULADO	MD	4,41%	4,29%	2,43%	3,69%	2,56%	2,34%	3,20%
	ES	1,10%	1,22%	0,60%	0,89%	0,98%	0,63%	0,88%
	MS	0,41%	0,52%	0,60%	0,59%	0,58%	0,63%	0,55%
	MC	0,83%	0,71%	0,43%	0,57%	0,43%	0,34%	0,54%
	MP	0,14%	0,11%	0,05%	0,09%	0,06%	0,05%	0,08%
	MI	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
CAMA	CN	3,15%	3,17%	3,98%	3,50%	3,72%	3,80%	3,55%
	CM	0,41%	0,93%	0,75%	0,59%	0,71%	0,62%	0,67%
	CB	0,51%	0,44%	0,23%	0,33%	0,31%	0,22%	0,33%
MÃO-DE-OBRA		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,42%	10,40%	3,64%
ESPELHO ES		0,98%	0,90%	0,91%	0,83%	0,93%	1,05%	0,93%
ESTANTE	EP	0,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%
	ER	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
	EL	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	ET	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
COZINHA	CZ1	0,05%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
	CZ3	0,04%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%
	CZ2	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CZ5	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CZ4	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL		100,00%						

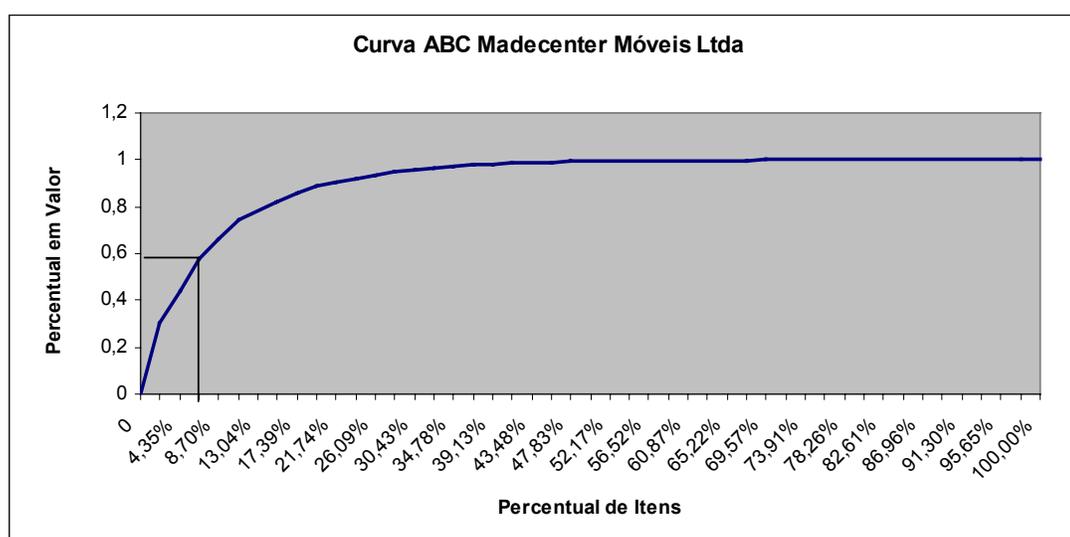


FIGURA 6.4 – Curva ABC das linhas de produtos da Madecenter Móveis Ltda.

Conforme a Figura 6.4, aproximadamente 8,7% dos produtos comercializados pela empresa são responsáveis por 58% do valor do faturamento. O produto inicial a ser abordado na sistemática de *TRF* está inserido dentro deste percentual. De acordo com a Tabela 6.3, a linha de roupeiros RT, considerando a média do período de fevereiro a julho de 2001, corresponde a 30,17% do valor do faturamento; logo, este é o produto a ser abordado para a aplicação do processo piloto da sistemática de *TRF*.

6.2.2.2 Definição do processo a ser inicialmente abordado

Para a definição do processo a ser inicialmente abordado, conforme Item 5.2.2, observa-se a idéia de trabalhar no processo gargalo, onde os ganhos podem efetivamente ser maiores.

Os produtos a serem inicialmente abordados, roupeiros da linha RT, são móveis com profundidade e altura padrão de 460 milímetros e 1933 milímetros respectivamente. A variação ocorre no número de portas e gavetas, assim como na posição destas gavetas. A Figura 6.5 ilustra as composições dos produtos da linha RT.

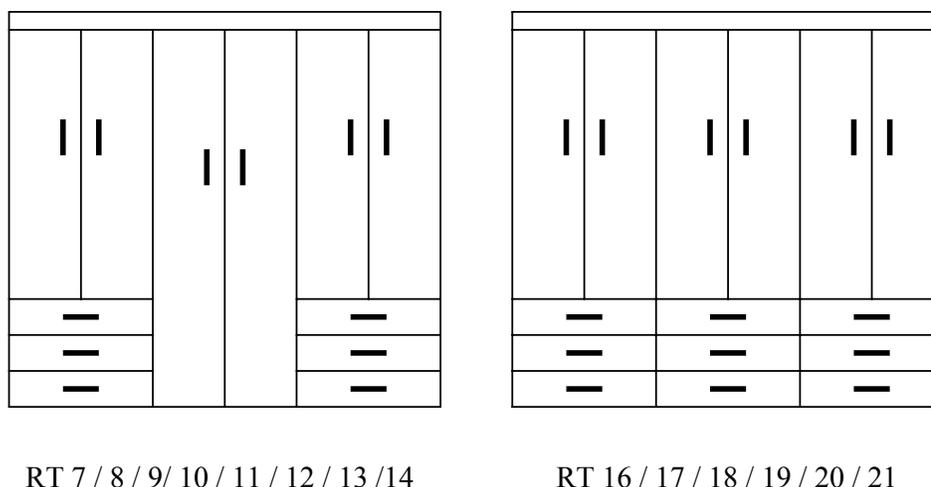


FIGURA 6.5 – Linha de roupeiros RT da Madecenter Móveis Ltda.

Os roupeiros da linha RT são compostos por peças padronizadas, chamadas de laterais direita e esquerda, divisões, bases, portas, frentes de gaveta, laterais de gaveta, fundos de gaveta, costas, travessas e montantes. O processo de fabricação destas peças é similar, diferenciando que algumas passam por um processo de pintura e outras não. Um processo

genérico para este grupo de peças que compõe a linha RT está representado na Figura 6.6 e seus respectivos tempos de *setup* indicados na Tabela 6.2.

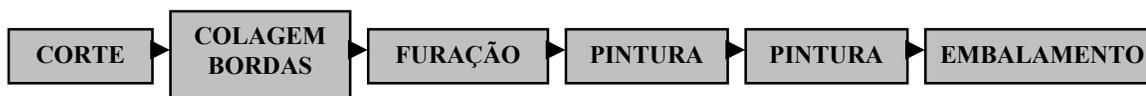


FIGURA 6.6 – Fluxo de processos dos roupeiros da linha RT.

De acordo com a Tabela 6.2, observando o fluxo de processos da Figura 6.6, verifica-se que o processo nas furadeiras é aquele onde o tempo de *setup* é mais significativo (média do período onde em 30,8% do tempo disponível de operação, o equipamento esteve em procedimento de *setup*). Além de ser o tempo de *setup* mais significativo, a empresa possui 8 furadeiras múltiplas trabalhando em regime de 24 horas e, com exceção das costas e fundos de gavetas, todas as peças passam por este processo. Com base nessas informações, o processo nas furadeiras é o processo inicialmente a ser abordado.

6.2.2.3 Definição da operação a ser inicialmente abordada

No processo das furadeiras, nos roupeiros da linha RT, as operações de furação com tempo de *setup* significativo são as operações nas laterais, divisões, bases e portas. A Tabela 6.4 mostra o tempo de *setup* nas furadeiras para cada uma das peças da linha RT.

TABELA 6.4 – Tempo de *setup* em furadeiras das peças da linha RT.

TEMPO DE <i>SETUP</i> FURADEIRAS LINHA RT							
PEÇA	MEDIÇÃO (min)					MÉDIA	DESVIO PADRÃO
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª		
	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª		
Divisão RT 8	41	37	38	38	42	39,8	2,7
	44	37	38	44	39		
Base RT 8	33	31	29	28	26	27,5	2,9
	26	28	24	24	26		
Porta G RT 8	25	24	18	19	21	20	3,0
	18	17	23	18	17		
Porta GG RT 8	22	17	21	24	27	21,6	3,2
	22	21	25	20	17		
Base G RT 8	23	29	26	22	15	22,8	3,9
	19	24	24	25	21		
Base Gaveteiro RT 8	10	25	14	19	22	19,2	4,8
	18	21	16	24	23		
Lateral Esquerda	27	29	21	31	27	28,4	3,9
	32	31	23	33	30		
Lateral Direita	31	28	26	34	29	28,3	4,0
	28	34	21	27	25		

Observando a Tabela 6.5, verificamos que a divisão do RT 8 é a operação com tempo de *setup* mais elevado. Apesar das outras operações apresentarem valores significativos, a operação de furação da divisão do RT 8 é aquela a ser inicialmente abordada.

Para verificar se o número de medições do tempo de *setup* realizadas em cada operação é o ideal, considerando-se um resultado com desvio máximo tolerado de até 5% do valor real, com 97% de confiança no resultado, foi utilizada a seguinte equação (Cochran, 1997):

$$eq.11 \quad n = \left[\left(\frac{z}{p} \right) \left(\frac{\sigma}{T_{med}} \right) \right]^2$$

Onde: n = tamanho necessário da amostra

z = nº de desvios normalizados para obter o grau desejado de confiança

p = precisão da estimativa dada como fração do valor real

σ = desvio-padrão representativo da peça em questão

T_{med} = tempo médio da peça em questão

Para o caso da divisão do RT 8, temos:

Para uma confiança de 97%, $z = 2,17$

Para um desvio de até 5% do valor real, $p = 0,05$

$\sigma = 2,7$; e

$T_{med} = 39,8$ min

Logo:

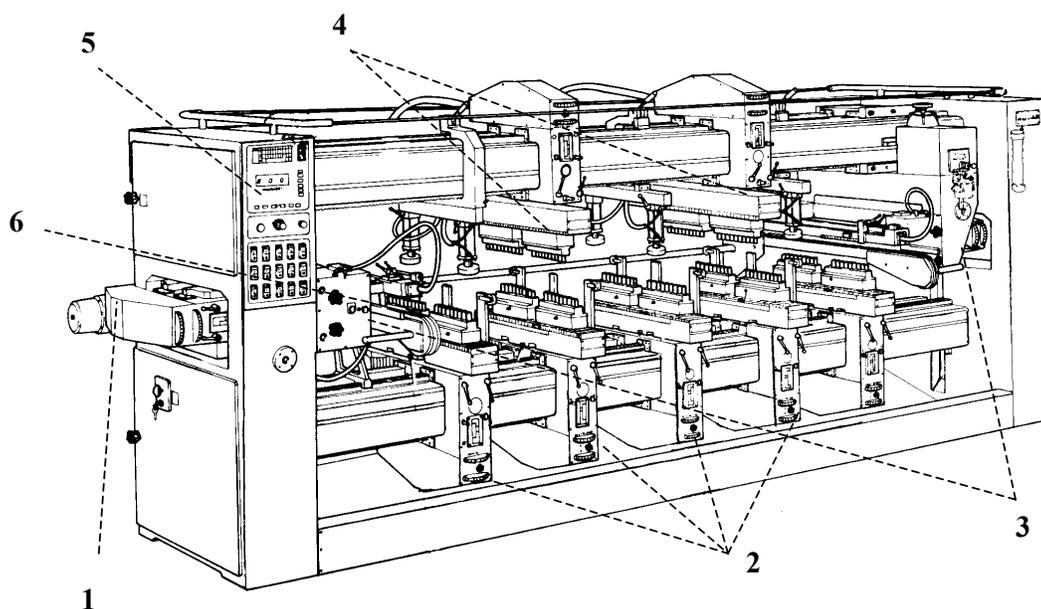
$$n = \left[\left(\frac{2,17}{0,05} \right) \left(\frac{2,7}{3,98} \right) \right]^2 = 8,7$$

Assim, o tamanho mínimo de medições de tempo necessárias para caracterizar o tempo de *setup* da operação em estudo é de 9 amostras. Como dispõe-se de 10 amostras, verifica-se que, para uma confiabilidade de 97% e um desvio de até 5% do valor real, o número de medições é suficiente.

6.2.3 Estágio operacional

6.2.3.1 Análise da operação a ser inicialmente abordada

A operação a ser inicialmente abordada, a furação da divisão dos roupeiros da linha RT, é realizada em furadeiras de múltiplos cabeçotes, conforme Figura 6.7 que indica os principais grupos a serem ajustados em operação de *setup*.



- 1 – Encosto lateral fixo
- 2 – Cabeçotes múltiplos inferiores
- 3 – Cabeçotes múltiplos laterais
- 4 – Cabeçotes múltiplos superiores
- 5 – Controlador lógico programável (CLP)
- 6 – Encosto fixo (batuta)

FIGURA 6.7 – Furadeira múltipla e seus principais grupos utilizados em operações de *setup*.

O ponto de encontro do encosto lateral fixo com o encosto fixo (batuta) é o ponto no qual se utiliza a referência de zeramento do equipamento. A partir desse ponto, os cabeçotes múltiplos horizontais e verticais são posicionados conforme a posição dos furos da peça a ser trabalhada.

O encosto fixo (batuta) é posicionado automaticamente, conforme valor digitado no *CLP* do painel de controle. O encosto lateral fixo não possui regulagem de posicionamento. Todos os cabeçotes múltiplos, tanto superiores quanto inferiores possuem como ponto zero (em relação ao eixo x) o encosto lateral fixo. Cada cabeçote múltiplo possui um indicador mecânico que indica a posição em milímetros em relação ao encosto lateral fixo, conforme indicado na Figura 6.8.

Os cabeçotes múltiplos superiores e inferiores são compostos de dois conjuntos de furação, com capacidade de onze brocas cada. Estes conjuntos podem ser posicionados em 0° ou 90° . A Figura 6.8 indica a composição destes cabeçotes.

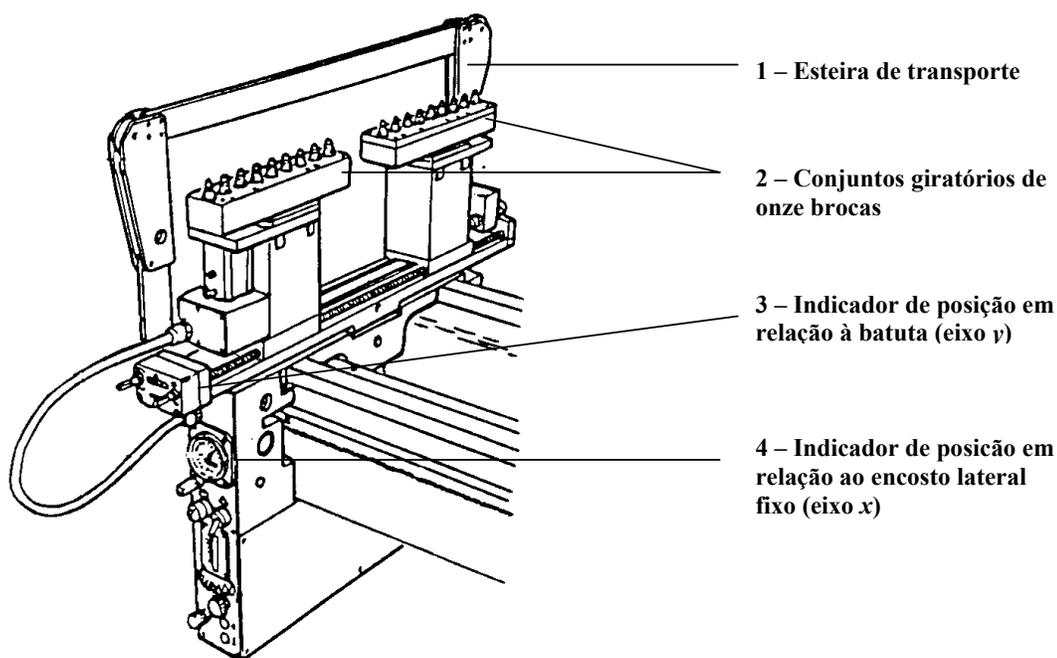


FIGURA 6.8 – Composição do cabeçote inferior de uma furadeira múltipla.

Os conjuntos giratórios de onze brocas possuem numeração em cada eixo de broca, assim como indicação do sentido de rotação (esquerda ou direita). As brocas são colocadas com dispositivo de fixação rápida, possibilitando a padronização de altura da broca em relação à superfície de encaixe no conjunto de onze brocas.

A montagem das brocas nos dispositivos de fixação rápida, conforme indicado na Figura 6.9, deve ser realizada observando-se a possibilidade de que o furo seja passante ou não, verificando-se então a profundidade do furo. A verificação dessas regulagens antes da operação de *setup* pode evitar a ocorrência de perda de tempo em ajustes e refugo da primeira peça furada.

A Figura 6.9 ilustra o sistema de montagem das brocas e o sistema de fixação rápida destas nos conjuntos de furação.

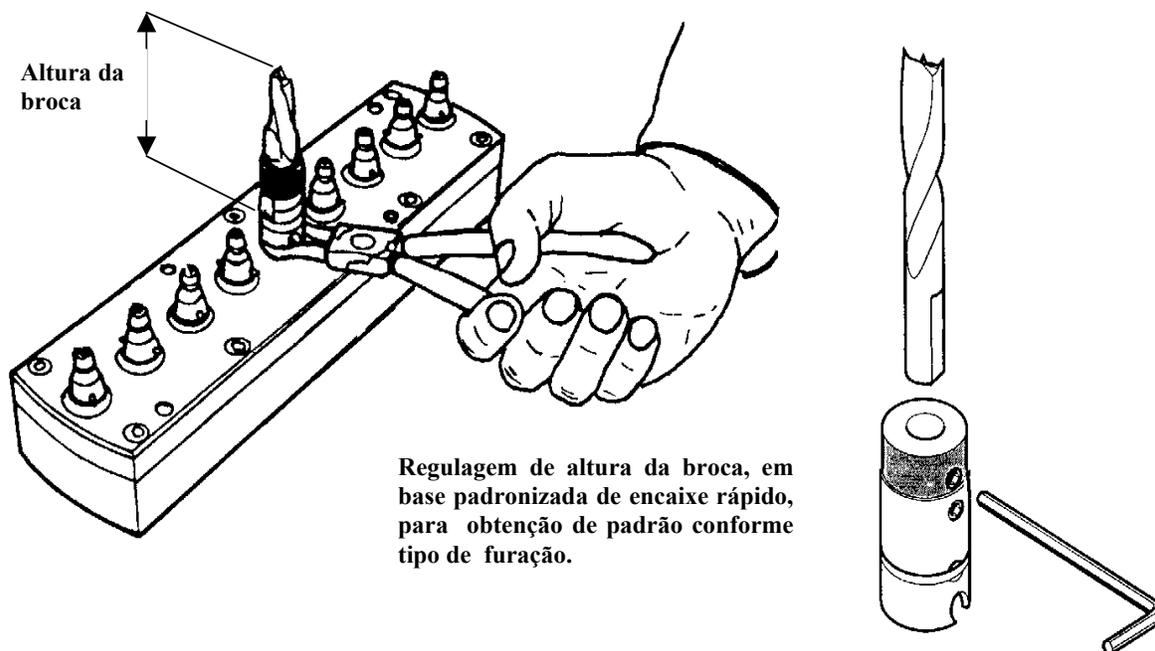


FIGURA 6.9 – Sistema de regulagem de altura e fixação de brocas em furadeira múltipla.

O número de brocas necessário à operação de furação da divisão dos roupeiros da linha RT, assim como o diâmetro, altura, posição dessas brocas e posição dos cabeçotes de furação do equipamento, são determinados na interpretação do desenho de furação da peça. Na Figura 6.10, encontramos o desenho utilizado na operação de *setup* da divisão dos roupeiros da linha RT.

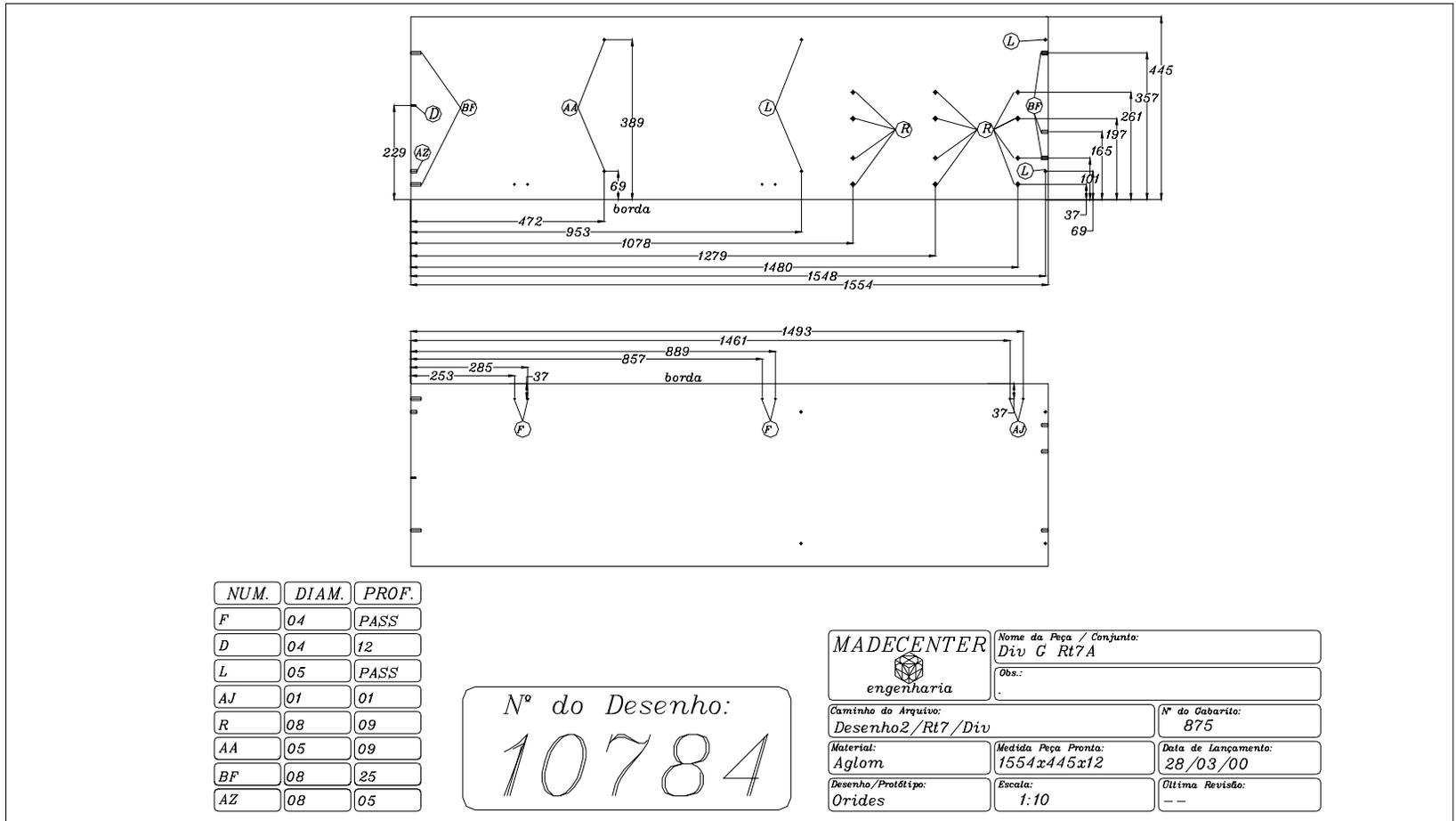


FIGURA 6.10 – Desenho de furação da divisão roupeiro linha RT.

A identificação da peça a ser furada é feita pela leitura do código da peça que se encontra na ordem de produção que acompanha a pilha de peças. A ordem de produção possui também informações da quantidade a ser produzida, número do lote de fabricação, data de emissão e roteiro de fabricação. Cada furadeira múltipla possui um arquivo de desenhos, ordenados pelo código da peça, os quais contém informações para a execução do *setup* do equipamento. O início da operação de *setup* ocorre com a separação e identificação da peça a ser furada.

De acordo com o item 5.3.1 do Capítulo 5, na etapa de análise da operação inicialmente a ser abordada, todas as atividades desta operação devem ser relacionadas através do uso de uma *checklist*. A Figura 6.11 apresenta o *checklist* da operação de furação da divisão dos roupeiros da linha RT.

 CHECKLIST DA OPERAÇÃO DE SETUP						
Setor: Furação			Máquina: Furadeira Morbidelli FM 400 n° 14			
Operadores: 1 Jeferson		3		Peça: Divisão Grande RT 8A		
2 Almir		4		Código: 17757		
Equipamento: P – Parado O – Em operação						
N°	OPERAÇÃO	TEMPO		OPERADORES	OBSERVAÇÃO	EQUIP.
		Início	Fim			
01	Erguer sistema de limpeza peça	00:00	00:36	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
02	Alimentar pilha de peças	00:36	01:08	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
03	Posicionar cabeçote	01:08	01:28	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
04	Retirar prensos e abrir máquina	01:28	01:48	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
05	Limpar máquina e consultar relatório	01:48	02:02	Operadores 1 e 2	Operador 2 limpa equipamento	P
06	Procurar e interpretar desenho	02:02	02:42	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
07	Retirar brocas	02:42	03:11	Operador 2	Operador 1 interpreta desenho	P
08	Posicionar cabeçote	03:11	04:04	Operador 1	Operador 2 retira brocas	P
09	Retirar agregados e posicionar cabeçote inferior	04:04	04:54	Operador 1	Operador 2 retira brocas	P
10	Limpar máquina e retirar brocas	04:54	06:07	Operador 2	Operador 1 posiciona cabeçote	P
11	Posicionar eixo y cabeçote superior, retirar e colocar agregados	06:07	06:58	Operador 1 e 2	Operador 2 retira agregado	P
12	Posicionar cabeçote superior	06:58	07:27	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
13	Consultar desenho	07:27	08:22	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
14	Procurar brocas, medir a altura e posicionar cabeçote inferior	08:22	09:40	Operador 1 e 2	Operador 2 procura brocas	P

15	Fechar máquina	09:40	10:05	Operador 1	Operador 2 procura brocas	P
16	Colocar brocas	10:05	11:20	Operador 1	Operador 2 procura brocas	P
17	Posicionar cabeçote superior e prensor lateral, medir altura do cabeçote	11:20	12:47	Operador 1	Operador 2 procura brocas	P
18	Consultar desenho, colocar brocas	12:47	15:37	Operador 1	Operador 2 procura brocas	P
19	Ajustar altura cabeçote, colocar prensores, consultar desenho	15:37	16:57	Operadores 1 e 2	Operador 2 guarda ferramentas	P
20	Posicionar batuta	16:57	17:30	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
21	Posicionar pilha	17:30	17:43	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
22	Ajustar altura cabeçote	17:43	18:48	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
23	Ligar máquina	18:48	18:58	Operador 1	Operador 2 ocioso	O
24	Ajustar eixo y cabeçote superior	18:58	19:17	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
25	Furar 1ª peça	19:17	19:31	Operador 1	Operador 2 ocioso, peça morta	O
26	Conferir peça, ajustar pos. cabeçotes	19:31	21:45	Operador 1	Operador 2 procura gabarito	P
27	Furar 2ª peça	21:45	22:12	Operador 1	Operador 2 procura gabarito, peça morta	O
28	Medir peça, ajustar posição cabeçotes	22:12	29:51	Operador 1	Operador 2 procura gabarito	P
29	Furar 3ª peça, medir e testar gabarito	29:51	33:44	Operador 1	Operador 2 ocioso	O
30	Ajustar profundidade cabeçote lateral e furar novamente 3ª peça	33:44	34:22	Operador 1	Operador 2 ocioso	P
31	Conferir peça e iniciar produção	34:22	34:47	Operador 1 e 2		P
Cronometrista: Sandro						
				Medição nº: 01		
				Data: 04/ 01/2002		

FIGURA 6.11 – Ficha de *setup* da primeira operação de *setup* de furação da divisão roupeiro linha RT.

Observando-se a *checklist* da Figura 6.11, pode-se analisar e separar as atividades de cada operador no procedimento de *setup* da divisão grande do roupeiro RT 8A. A Figura 6.12 ilustra a separação das atividades de cada operador na operação de *setup*, assim como o tempo gasto em cada uma e também outros aspectos relevantes, observados no decorrer da operação.

OPERAÇÃO		TEMPO GASTO (min)	% TEMPO TOTAL
OPERADOR 2	Ocioso	10:42	30,8 %
	Limpar o equipamento	02:07	6,1 %
	Retirar de brocas	02:12	6,3 %
	Retirar agregados	00:51	2,4 %
	Procurar brocas	06:59	20,1 %
	Guardar ferramentas	1:34	4,5 %
	Procurar gabaritos	10:20	29,7 %
TOTAL		34:47	100 %

OPERADOR 1	Erguer sistema de limpeza	00:36	1,7 %
	Alimentar pilha de peças	00:45	2,1 %
	Posicionar cabeçote	08:21	24,0 %
	Retirar prensos e abrir máquina	00:20	1,0 %
	Consultar desenho	05:03	14,5 %
	Fechar máquina	00:25	1,2 %
	Colocar brocas	01:15	3,6 %
	Ajustar cabeçote	11:02	31,7 %
	Posicionar batuta	00:33	1,6 %
	Ligar máquina	00:10	0,5 %
	Furar peças para conferência	01:41	4,8%
	Conferir peça	04:36	13,2 %
TOTAL		34:47	100 %
OBSERVAÇÕES	Ajustes	11:02	31,7 %
	Consulta ao desenho	05:03	14,5 %
	Procurar brocas ou gabaritos	17:19	49,8 %
	Equipamento em operação	01:51	5,3 %
	Equipamento parado	32:56	94,7 %
	Ociosidade de operador	10:42	30,8 %
	Furação de peças para conferência	01:41	4,8 %

FIGURA 6.12 – Análise das operações ocorridas no *setup* de furação da divisão do roupeiro linha RT.

Observando-se a Figura 6.12, verificamos que o operador 2 tem pouca participação na operação de *setup*, pois 65% do tempo é gasto em ociosidade ou na procura de ferramentas e gabaritos. Pode-se observar ainda que o equipamento fica parado em 94,7% do tempo e que 31,7% correspondem a ajustes. A ocorrência de ajustes, além de elevar o tempo de *setup* no caso em estudo, ocasionou o refugo das duas primeiras peças furadas durante o procedimento de *setup*.

6.2.3.2 Identificação das operações internas e externas do *setup*

Na Figura 6.13 estão separadas todas as operações relativas ao *setup* interno e externo, e o tempo gasto em cada uma delas.

<i>SETUP</i> INTERNO		<i>SETUP</i> EXTERNO	
Operação	Tempo (min)	Operação	Tempo (min)
Erguer sistema de limpeza	00:36	Ligar máquina	00:10
Alimentar pilha de peças	00:45		
Posicionar cabeçote	08:21		
Retirar preensores e abrir máquina	00:20		
Consultar desenho	05:03		
Fechar máquina	00:25	Furar peças para conferência	01:41
Colocar brocas	01:15		
Ajustar cabeçote	11:02		
Posicionar batuta	00:33		
Conferir peça	04:36		
TOTAL	32:56	TOTAL	01:51

FIGURA 6.13 – Separação das operações de *setup* interno e externo na furação da divisão do roupeiro linha RT.

6.2.3.3 Converter *setup* interno em externo

Conforme Figura 6.13, o tempo de *setup* interno é muito superior ao tempo de *setup* externo. A operação de *setup*, na qual elaborou-se o *checklist*, foi filmada. A verificação e análise desta filmagem ajudou na determinação de quais operações são possíveis de serem transformadas em *setup* externo ou eliminadas.

As operações de posicionamento de cabeçotes ocupam 24% do tempo total do *setup*. Essas operações são resultado da interpretação das cotas de furação da peça, conforme desenho da Figura 6.10. A consulta ao desenho demanda 14,5% do tempo total do *setup*. A soma das operações de consulta e posicionamento demandam 38,3% do tempo total do *setup*. Essa consulta e posicionamento dos cabeçotes são operações lentas e sujeitas a erro, pois é necessário que o operador interprete o desenho, visualize o posicionamento dos cabeçotes de furação e a colocação de cada broca nesses cabeçotes.

A otimização dessas duas operações proporcionaria um ganho considerável na operação de *setup*. Além dessas duas operações, as operações de procurar brocas e gabaritos, mesmo que realizadas em paralelo pelo segundo operador, são operações que somadas com o

tempo ocioso desse mesmo (total de 80,6% do tempo do segundo operador em relação ao tempo total da operação de *setup*) desperdiçam muito tempo, impossibilitando a participação mais efetiva desse segundo operador na operação de *setup*.

Para a obtenção de melhorias, após análise da fita de vídeo da operação de *setup*, a equipe de implantação utilizou técnicas de análise e solução de problemas, buscando a transformação do maior número possível de operações de *setup* interno em externo, chegando nas soluções descritas a seguir:

- Elaboração de um mapa de regulagem (ver Figura 6.14), com todas as informações necessárias à realização da operação de *setup*.
- Identificação de todas as brocas (ver Tabela 6.6) e agregados (cabeçotes com geometria diferente do padrão do equipamento, aplicados em caso de furação fora dos padrões originais do equipamento) necessários à operação de *setup*.
- A preparação e organização do material necessário a operação de *setup* realizada por um terceiro operador, o qual prepara todas as brocas, agregados e gabaritos antes do término da operação anterior.
- Treinamento para uma participação mais efetiva do segundo operador durante a operação de *setup*.

A operacionalização dessas melhorias, conforme descrito no item 6.2.3.4, proporcionaram ganhos significativos na operação de *setup*.

A Figura 6.14 mostra o mapa de regulagem desenvolvido pela equipe de implantação, onde constam todas as informações necessárias à operação de *setup*.

O mapa de regulagem da Figura 6.14 contém as seguintes informações: (i) número e código das brocas; (ii) posição em milímetros do cabeçote móvel e da batuta; (iii) código numérico dos gabaritos de conferência; (iv) posição em milímetros dos eixos *x* e *y* de todos os cabeçotes utilizados na furação da peça; (v) posição e número dos agregados utilizados na furação da peça; e (vi) posição de todas as mesas de suporte da furação.



MAPA DE REGULAGEM

DESENHO Nº
10784

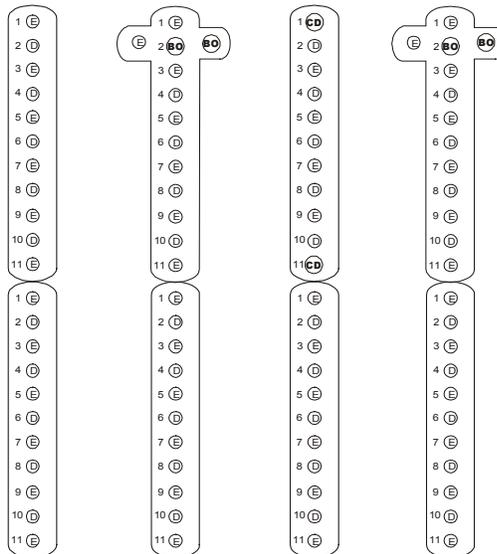
DATA: 04 / JAN / 2002

CAB. 02: 1554 mm

BATUTA: + 50 mm

GABARITO nº 875

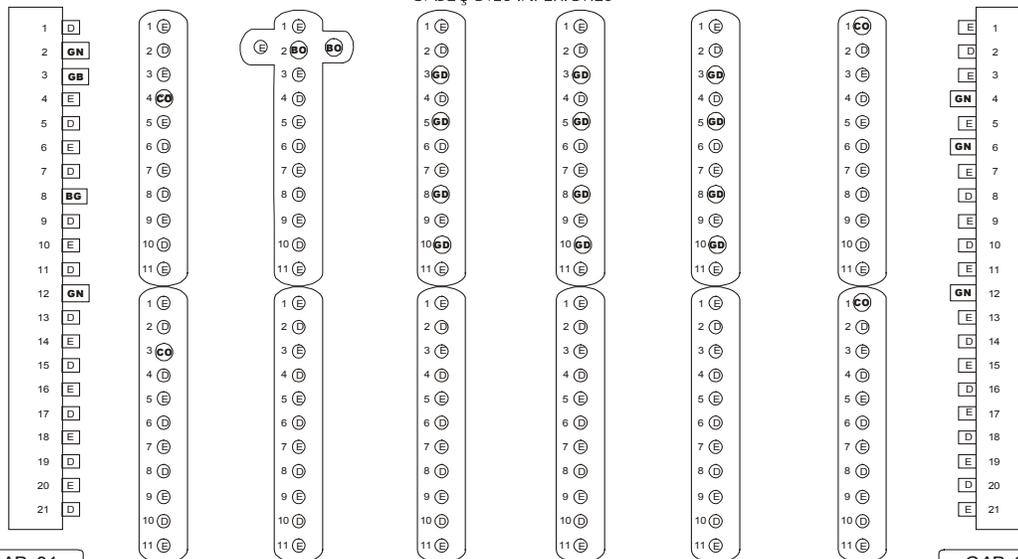
*** CABEÇOTES SUPERIORES ***



BROCAS		
CÓD.	QUANT.	GIRO
BO	03	E
BO	03	D
CO	04	E
GN	03	D
GN	02	E
GD	06	E
GD	06	D
CD	02	E
BG	01	E
GB	01	D

CAB 11	CAB 12	CAB 13	CAB 14
X MM	X 253 MM	X 952 MM	X 1460 MM
Y1 G ()	Y1 G ()	Y1 G ()	Y1 G ()
Y2 G ()	Y2 128 G ()	Y2 224 G ()	Y2 128 G ()
AGREG. Nº	AGREG. Nº 02	AGREG. Nº	AGREG. Nº

*** CABEÇOTES INFERIORES ***



CAB 01	CAB 05	CAB 06	CAB 07	CAB 08	CAB 09	CAB 10
X 471 MM	X 471 MM	X 856 MM	X 1079 MM	X 1280 MM	X 1479 MM	X 1706 MM
Y1 480 G ()	Y1 480 G ()	Y1 G ()	Y1 G ()	Y1 G ()	Y1 G ()	Y1 384 G (●)
Y2 128 G ()	Y2 128 G ()	Y2 G ()	Y2 128 G ()	Y2 128 G ()	Y2 128 G ()	Y2 64 G (●)
AGREG. Nº	AGREG. Nº	AGREG. Nº 06	AGREG. Nº	AGREG. Nº	AGREG. Nº	AGREG. Nº
(●) MESA ()	(●) MESA ()	() MESA ()	(●) MESA ()	(●) MESA ()	() MESA ()	() MESA ()

FIGURA 6.14 – Mapa de regulagem para furadeira Morbidelli FM 400 da divisão do roupeiro da linha RT.

Com essas informações, os operadores evitam: (i) interpretação do desenho; e (ii) cálculo da posição dos cabeçotes de furação. Estas operações que são realizadas pelo primeiro operador servem de auxílio para uma participação mais efetiva do segundo operador na operação de *setup*.

A Tabela 6.5 ilustra a identificação e codificação de todas as brocas utilizadas nas operações de furação da Madecenter Móveis Ltda.

TABELA 6.5 – Identificação e codificação das brocas utilizadas na Madecenter Móveis Ltda.

DIÂMETROS		PROFUNDIDADE		FUROS ESCARIADOS	
A	3	A	2	U	7 pass – 10 x 8
B	4	B	5	V	5 pass – 10 x 12
C	5	C	8	W	8 pass – 14 x 3
D	6	D	9	X	5 pass – 10 x 3
E	6,5	E	10	Y	5 pass – 10 x 7
F	7	F	11	Z	5 pass – 10 x 15
G	8	G	12		
H	10	H	13		
I	12	I	16		
J	15	J	18		
K	20	K	19		
L	25	L	21		
M	26	M	23		
N	35	N	25		
O	52	O	Passante		
P	59	P	30		
		Q	32		
		R	38		
		S	40		
		T	45		

De acordo com a Tabela 6.5, um furo de diâmetro 8 milímetros e profundidade de 12 milímetros possui identificação GG no mapa de regulagem. Esta identificação também está colocada na base padronizada da broca, de maneira que proporcione fácil visualização.

A identificação das brocas e o mapa de regulagem permitem uma rápida visualização do posicionamento das brocas nos cabeçotes de furação. A separação do material necessário à operação de *setup* somada a identificação das brocas e o mapa de regulagem, na opinião da equipe de implantação, seria a melhor alternativa para a transformação de *setup* interno em externo.

6.2.3.4 Eliminar ajustes

De acordo Mondem (1983), os ajustes consomem aproximadamente 50 a 70 % do tempo total do *setup* interno. No caso da operação de furação da divisão do roupeiro da linha RT, o tempo do *setup* interno foi de 32 minutos e 56 segundos. As operações em que ocorreram ajustes [ajuste dos cabeçotes de furação (11:02 seg.) e conferência das peças (04:36 seg.)] somaram 14 minutos e 38 segundos, valor que corresponde a 44,4% do tempo total do *setup* interno. Este número está próximo da definição de Mondem (1983).

Para eliminar esses 44,4% do tempo do *setup* interno realizando ajustes, a equipe de implantação, analisando a filmagem e utilizando técnicas de solução de problemas definiu como solução: (i) padronizar a altura das brocas; (ii) padronizar a altura do avanço dos cabeçotes de furação (profundidade do furo determinada pela altura da broca, considerando que todos os cabeçotes finalizam o avanço na mesma altura); (iii) manutenção e calibragem dos indicadores de posição dos cabeçotes de furação; (iv) o conjunto de ações de leitura do mapa de regulagem, padronização das brocas, manutenção e calibragem dos cabeçotes deveria resultar em apenas uma conferência da peça, antes do início da produção da segunda peça boa (no caso em estudo ocorreram três conferências da peça).

6.2.3.5 Praticar a operação de *setup* e padronizar

Conforme Item 5.3.4, as etapas de análise da operação inicial, identificação e separação do *setup* interno do externo e conversão do *setup* interno em externo têm como característica principal a observação e análise da operação em estudo. A etapa de praticar a operação de *setup* tem por objetivo colocar em prática todas as ações definidas durante as atividades de observação e análise.

As técnicas para prática e padronização do *setup*, segundo Shingo (1996 e 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998), nas quais a equipe de implantação utilizou para a definição das ações de melhoria da operação de *setup*, estão ilustradas na Tabela 6.6.

TABELA 6.6 – Técnicas para redução de *setup* segundo literatura e equipe de implantação.

Técnicas segundo Shingo (1996 e 2000), Mondem (1983), Harmon & Peterson (1991) e Black (1998)	Soluções apontadas pela equipe de implantação
Adoção de operações paralelas	Participação mais efetiva do segundo operador e preparação de materiais e ferramentas, executada por um terceiro operador, durante a operação anterior ao <i>setup</i>
Utilização de <i>kits</i> de ferramentas necessárias ao <i>setup</i> agrupadas conforme necessário e localizadas próximo ao ponto de uso	Preparação externa do conjunto de brocas, agregados, mapa de regulagem e gabarito de furação utilizados no <i>setup</i>
Estudo do equipamento ou ferramenta, na fase de projeto, voltado à aplicação da <i>TRF</i>	Otimização das profundidades dos furos, objetivando diminuir o número necessário de padrões de brocas
Dispositivos de fixação rápida	Utilização de bases de brocas padronizadas, de fixação rápida (ver Figura 6.9)
Padronização apenas das partes necessárias dos equipamentos e ferramentas	Padronização da altura do fim de curso dos cabeçotes de furação

Todas as ações definidas até então foram colocadas em prática, acontecendo também treinamento para os operadores que participaram da operação de *setup*. A prática foi executada com a realização de uma nova operação de *setup*, onde foram aplicadas todas as melhorias apontadas pela equipe de implantação. Esta nova operação de *setup* foi também filmada e documentada em novo *checklist* da operação de *setup*. A Figura 6.15 demonstra esse *checklist*.

 CHECKLIST DA OPERAÇÃO DE SETUP						
Setor: Furação			Máquina: Furadeira Morbidelli FM 400 n° 14			
Operadores: 1 Jeferson		3		Peça: Divisão Grande RT 8A		
2 Osvaldo		4		Código: 17757		
Equipamento: P – Parado O – Em operação						
N°	OPERAÇÃO	TEMPO		OPERADORES	OBSERVAÇÃO	EQUIP.
		Início	Fim			
01	Erguer sistema de limpeza peça, alimentar pilha de peças, pegar mapa de regulagem	00:00	00:31	Operadores 1 e 2	Operador 2 erguendo sistema de limpeza	P
02	Colocar brocas e agregados, posicionar cabeçotes superiores e inferiores	00:31	03:32	Operadores 1 e 2	Operador 2 colocando brocas e agregados	P

03	Ligar máquina, posicionar cabeçote móvel e batuta, furar primeira peça	03:32	03:43	Operador 1	Operador 2 ocioso	O
04	Conferir peça com trena e testar gabaritos	03:43	05:45	Operadores 1 e 2	Operadores 1 e 2 executando a conferência	P
05	Ajustar quantidade de peças no painel, ligar máquina	05:45	06:17	Operadores 1	Operador 2 posicionando-se para início de operação	P
06	Produzir	06:17	-	Operadores 1 e 2		O
Cronometrista: Sandro		Medição nº: 02		Data: 10/ 01/2002		

FIGURA 6.15 – Ficha de *setup* da segunda operação de *setup* de furação da divisão roupeiro linha RT.

Nas operações do *setup* da Figura 6.15, não está listada a operação de preparação do *kit* de ferramentas e materiais necessários ao *setup*, a qual ocorreu em paralelo, com a participação de um terceiro operador. A partir da preparação do *kit*, teve início a operação de *setup* com o equipamento parado. Outro ponto relevante na segunda operação de *setup* foi a utilização de duas cópias do mapa de regulagem, uma para cada operador. Em uma das cópias havia o desenho da peça na outra face, para a operação de conferência da peça. Esta ação proporcionou a um operador executar a colocação das brocas e agregados, enquanto o outro executava em paralelo o posicionamento dos cabeçotes.

Comparando-se a Figura 6.11 com a Figura 6.15, verifica-se que houve reduções em vários aspectos da operação de *setup*, tais como: (i) número total de operações; (ii) tempo total da operação de *setup*; (iii) tempo de ajustes; (iv) número de conferências da peça; e (v) tempo ocioso do segundo operador. A Tabela 6.7 estabelece uma comparação entre operações e tempos da primeira para a segunda operação de *setup*.

TABELA 6.7 – Comparação entre a primeira e segunda operações de *setup*.

PRIMEIRA OPERAÇÃO DE <i>SETUP</i>		SEGUNDA OPERAÇÃO DE <i>SETUP</i>	
Operação	Tempo (min)	Operação	Tempo (min)
Erguer sistema de limpeza	00:36	Erguer sistema de limpeza e	00:31
Alimentar pilha de peças	00:45	alimentar pilha de peças	
TOTAL	01:21	TOTAL	00:31
REDUÇÃO DE 00:51 MINUTOS			
Posicionar cabeçote	08:21	Posicionar cabeçotes e colocar	03:01
Colocar brocas	01:15	brocas e agregados	
TOTAL	10:57	TOTAL	03:01
REDUÇÃO DE 07:56 MINUTOS			
Retirar prensos e abrir máquina	00:20	Ligar máquina, posicionar	00:43

Ligar máquina	00:10		
Furar peças para conferência	01:41		
Posicionar batuta	00:33		
Fechar máquina	00:25		
TOTAL	03:09	TOTAL	00:43
REDUÇÃO DE 02:26 MINUTOS			
Consultar desenho	05:03	Conferir peça com trena e testar	02:02
Conferir peça	04:36	gabaritos	
TOTAL	09:39	TOTAL	02:02
REDUÇÃO DE 07:36 MINUTOS			
Ajustar cabeçote	11:02	Operação eliminada	00:00
TOTAL	11:02	TOTAL	00:00
REDUÇÃO DE 11:02 MINUTOS			
TOTAL DA OPERAÇÃO	34:47	TOTAL DA OPERAÇÃO	06:17
TOTAL DA REDUÇÃO: 28:20 MINUTOS			

Quanto aos operadores, cabe salientar que na primeira operação ocorreu uma ociosidade do segundo operador de 10 minutos e 42 segundos (30,8% do tempo total do *setup*), enquanto que na segunda operação ocorreu uma ociosidade do segundo operador de apenas 11 segundos (2,9% do tempo total do *setup*).

Verificando-se a Tabela 6.7, observa-se que as reduções mais significativas ocorreram nas operações de (i) posicionamento de cabeçotes e colocação de brocas; (ii) consulta ao desenho e conferência da peça e (iii) operações de ajuste de cabeçote de furação. As ações voltadas à melhoria, definidas pela equipe de implantação, que causaram mais impacto na redução do tempo na segunda operação de *setup* foram: (i) participação de um terceiro operador na preparação do *kit* de ferramentas utilizadas no *setup*; (ii) elaboração do mapa de regulagem; (iii) treinamento dos operadores e adoção de operações paralelas; (iv) padronização e identificação das brocas, agregados e gabaritos de furação e (v) padronização da altura de fim de curso dos cabeçotes de furação.

A melhoria alcançada foi significativa. Os resultados da redução do tempo de *setup* (de 34 minutos e 47 segundos para 6 minutos e 17 segundos) estão dentro da troca rápida de ferramentas em apenas um dígito (*SMED* – Shingo, 1996 e 2000). Embora a quantidade da redução no tempo de *setup* seja importante no processo de manufatura da Madecenter Móveis Ltda., as futuras operações de *setup* da divisão do roupeiro da linha RT, pela possibilidade de

aperfeiçoamento da operação *setup* através da prática do mesmo, podem, mesmo que com grandeza menor, alcançar níveis um pouco menores de tempo gasto em *setup*.

6.2.3.6 Eliminar o *setup*

A eliminação da operação de *setup* da divisão do roupeiro da linha RT não é possível, mas a aplicação dos passos da sistemática proposta para a redução do tempo de *setup*, utilizando as estratégias e técnicas que, segundo a equipe de implantação, foram as mais adequadas para o caso em estudo, resultou em grande redução do tempo de *setup* nessa operação. Algumas ações voltadas à eliminação ou simplificação do *setup*, a partir desta aplicação prática, acontecerão na fase de projeto do roupeiro, visando a padronização do maior número possível de furos e a obtenção de uma maior intercambiabilidade entre peças.

6.2.4 Estágio de consolidação

6.2.4.1 Consolidação da *TRF* em todos os processos da empresa

A partir desta aplicação prática, utilizando-se a filmagem da situação inicial e final da operação de *setup* e obedecendo as datas do cronograma de implantação da Figura 6.3, planejou-se a realização da consolidação da sistemática de *TRF* na Madecenter Móveis Ltda..

A primeira ação, conforme cronograma da Figura 6.3, é a definição dos times de implantação, observando a participação dos membros da equipe de implantação, atuando como multiplicadores. A segunda ação, o treinamento dos times de implantação, utilizará a filmagem da situação inicial e final da operação de *setup*, com ênfase no resultado alcançado no processo piloto. A terceira ação, aplicação da sistemática em todos os setores da empresa, obedecerá uma seqüência de implantação, fundamentada no percentual de parada para *setup* de cada equipamento da Tabela 6.2: (i) todas as outras cinco furadeiras, iniciando pela furadeira 13 (maior tempo de parada para *setup*); (ii) setor de corte, iniciando pela seccionadora Gabiani; (iii) setor de pintura, iniciando pela pintura ultra-violeta; e (iv) setor de coladeiras, iniciando pela linha.

Quanto ao lote econômico de fabricação (*EOQ*), conforme Item 3.4.2, pode-se verificar a influência da redução no tempo de *setup* na operação de furação da divisão do roupeiro da linha RT, aplicando-se a equação 10 do Item 3.4.2.3.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times A}{C \times i}}$$

A Tabela 6.8 traz uma comparação das variáveis na equação 10, antes e depois da aplicação prática da sistemática de *TRF* e o resultado final, considerando-se o período de um mês.

TABELA 6.8 – Tamanho do *EOQ* antes e depois da aplicação da sistemática de *TRF*.

ANTES DA APLICAÇÃO DA <i>TRF</i>			DEPOIS DA APLICAÇÃO DA <i>TRF</i>		
Var.	Observação	Valor (R\$)/unid.	Var.	Observação	Valor (R\$)/unid.
<i>C</i>	Custo unitário de compra	R\$ 4,5	<i>C</i>	Custo unitário de compra	R\$ 4,5
<i>D</i>	Demanda do item / mês	5.600 un	<i>D</i>	Demanda do item / mês	5.600 un
<i>A</i>	Custo unit. de preparação Lote médio de fab. – 180 un Tempo de <i>setup</i> – 34:47 min Produção máq. – 16 pç / min Produção em 34:47 min – 557 un Custo unit. de prod. – R\$ 0,419 Valor da prod. 557 un – R\$ 233 Custo unit. prep. = 233 / 180	R\$ 1,30	<i>A</i>	Custo unit. de preparação Lote médio de fab. – 180 un Tempo de <i>setup</i> – 06:17 min Produção máq. – 16 pç / min Produção em 06:17 min – 100 un Custo unit. de prod. – R\$ 0,419 Valor da prod. 100 un – R\$ 41,9 Custo unit. prep. = 41,9 / 180	R\$ 0,23
<i>i</i>	Taxa de encargos financeiros sobre o estoque	2,4 % ao mês	<i>i</i>	Taxa de encargos financeiros sobre o estoque	2,4 % ao mês
<i>EOQ</i>		367 pç	<i>EOQ</i>		154 pç

De acordo com a Tabela 6.8, obtêm-se redução de 138% no tamanho do *EOQ*, considerando um período de 30 dias, sabendo que a sistemática foi aplicada em apenas uma das quatro operações na qual passa a divisão do roupeiro da linha RT. Com uma redução de 138% no tamanho do lote de fabricação, a empresa terá vantagens com a maior flexibilidade na fábrica, podendo atender a pedidos de tamanho reduzido sem perdas financeiras devidas ao *setup*, bem como redução nos estoques de produtos acabados.

Considerando-se que o número médio de operações de *setups* da divisão do roupeiro da linha RT é de 19 por mês, na situação inicial haveria um tempo total de *setup* de 660:53 minutos. Após a aplicação da sistemática, o tempo de *setup* foi reduzido para 119:23 minutos. A redução de 541:30 minutos proporcionaria uma produção de 8864 unidades.

Multiplicando-se 8864 unidades pelo custo unitário de produção de R\$ 0,419, economizaríamos R\$ 3630,21 por mês. Este cálculo considera apenas uma operação de *setup* de um produto da empresa. Se considerarmos o total de produtos e operações de *setup* derivadas desses produtos, os ganhos financeiros seriam proporcionalmente maiores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 CONCLUSÕES

A combinação das literaturas consultadas neste trabalho, verificando-se os pontos coincidentes e complementares, proporcionou embasamento teórico, com o nível de detalhamento necessário à elaboração da sistemática para troca rápida de ferramentas.

Na sistemática resultante, existe clara distinção entre as etapas de planejamento, preparação e implantação. Esta sistemática pode ser aplicada de maneira genérica, em diferentes ramos de indústrias. A sistemática procura enfatizar a criação de um ambiente favorável à implantação e formação de times de implantação.

O sucesso da implantação da *TRF* depende de vários fatores. Dentre eles, destacam-se o apoio total da alta gerência, treinamento, escolha de uma equipe de implantação capacitada, desenvolvimento do quadro de funcionários e comprometimento das pessoas envolvidas nos processos a serem melhorados.

O apoio da alta gerência deve-se verificar não somente na idéia de lançamento do projeto de implantação, como também nas diversas reuniões e treinamentos, durante a implantação da sistemática de *TRF*.

No estudo de caso apresentado nesta dissertação, utilizou-se uma abordagem sistemática para a implantação da *TRF*. Neste estudo de caso, foram sugeridas as seguintes etapas: definição do projeto, planejamento da implantação, treinamento, implantação efetiva e, por último, o acompanhamento e consolidação.

A etapa de definição do projeto envolve o convencimento da alta gerência, definição dos objetivos, da equipe de trabalho e cronograma de implantação. A etapa de planejamento da implantação envolve um estudo quantitativo da relevância do produto, processo e operação a serem inicialmente abordados na implantação do projeto.

A etapa de treinamento envolve gerentes, coordenadores e operadores, realizada em duas etapas, uma etapa teórica preparatória e outra prática. A etapa de implantação efetiva envolve o estudo e otimização da operação inicial. A etapa de acompanhamento e consolidação envolve a medição e divulgação dos possíveis resultados alcançados.

No estudo de caso apresentado, verificou-se que a sistemática de troca rápida de ferramentas descrita neste trabalho, é aplicável em indústria do ramo moveleiro.

A aplicação prática da sistemática proposta neste trabalho verificou que a classificação ABC de produtos pode ser utilizada como ferramenta de priorização de processos em estudos de redução de tempos de *setup*.

O sucesso na implantação de uma ferramenta que necessite da formação de grupos de trabalho, como a sistemática proposta para troca rápida de ferramentas, depende do envolvimento da alta gerência. Técnicas para solução de problemas são aplicadas para a obtenção de sucesso na implantação de uma sistemática de troca rápida de ferramentas.

No estágio estratégico, as fases de implementação e motivação foram facilitadas pelo fato do estudo de caso ter sido realizado sobre a liderança do autor desta dissertação. Este é um fator de limitação da Pesquisa Ação.

Cabe salientar, a partir do assunto da *TRF* discutido neste trabalho, como sugestões para trabalhos futuros:

- a) Influência da Manutenção Produtiva Total (*TPM*) na implantação de uma sistemática de *TRF*, ou seja, verificação influência e implicações da padronização e simplificação de máquinas, dispositivos, ferramentas na implantação de uma sistemática de *TRF*.
- b) Influência da *TRF* na definição e projeto do *layout* de células de manufatura.
- c) Implicações práticas e vantagens decorrentes da utilização de diferentes técnicas de solução de problemas e sua implicação na *TRF*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANTUNES, J. A. **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. Porto Alegre, 1998, p. 170-184, 352-358. Tese de Doutorado em Administração – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 2 ANTUNES, J. A.; RODRIGUES, L. H. Teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas. **Revista Produção**. Associação Brasileira de Engenharia da Produção, v.3, n.2, p. 73-85, 1993
- 3 AVISON, D. *et al.* A further exploration into information systems development: The evolution of Multiview 2, **Information Technology & People**, v.11, n.2, p.124-139, 1998.
- 4 BLACK, J.T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998, 288p
- 5 BOYNTON, A.C.; VICTOR, B.; PINE II, B. J. New Competitive Strategies: Challenges to Organizations and Information Technology, **IBM Systems Journal**, v.32, n.1, p.40-64, 1993.
- 6 COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. New York: John Wiley, 3ª ed., 1977, 428p.
- 7 CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP**. São Paulo: Editora Atlas, 2000, p. 45-76.
- 8 DAVIS, S. M. From “Future Perfect”: Mass Customization, *Planning Review*, v.12, n.2, p.16-21, 1989.
- 9 FALCONI, V. C. **TQC - Controle da Qualidade Total**; no estilo japonês. Belo Horizonte: Bloch Editores S.A., 1992, p199 a 208.
- 10 GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. **Revista Tecnológica**, São Paulo, n. 63, p. 36-42, 2001.
- 11 GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**; mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996, 177p
- 12 GILMORE, M.; SMITH, D. J. Setup reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. **International Journal of Operations & Production Management**. Derby, UK, v.16, n.3, p. 4-17, 1996.
- 13 GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**; um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Editora Educator, 1995, 319p.
- 14 HALL, R. W. **Excelência na Manufatura**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAM, 1988, p169 a 202.

- 15 HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a Fábrica**. Conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991, 380p.
- 16 HRADESKY, J. L.. **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade**; guia prático para a implementação do controle estatístico de processo (CEP). São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1989, 296p.
- 17 IMAI, M.. **Kaizen, a Estratégia Para o Sucesso Competitivo**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais – IMAM, 1990, 235p.
- 18 JURAN, J. M.. **Controle da Qualidade**; métodos especiais de apoio à qualidade. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1993, 28v. v.26. p.4 a 114.
- 19 KANNENGERG, G. **Proposta de Sistemática Para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre, 1994, 133p. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 20 KOTHA, S. From Mass Production to Mass customization: The Case of the National Industrial Bicycle Company of Japan. **European Management Journal**. v.14, n.5, p.442-450, 1996.
- 21 KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management**; strategy and analysis. Massachusetts: Addison-wesley, 1999, p. 543-589.
- 22 McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. et al. A Critical Evaluation of Shingo's 'SMED' Methodology. **International Journal of Production Research**. Bath, UK, v.38, n.11, p. 2377-2395, 2000.
- 23 MONDEM, Y. **O Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1983, 141p.
- 24 MOXHAM, C. GREATBANKS, R. Prerequisites for the Implementation of the SMED Methodology. A study in a textile processing environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**. Manchester, UK, v.18, n.4, p. 404-414, 2000.
- 25 NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM – Total Productive Maintenance**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.
- 26 OHNO, Taichi. **O Sistema Toyota de Produção Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997, 151p.
- 27 RUSSOMANO, Vitor H. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1995, p. 151-175.
- 28 SLACK, Nigel. **Vantagem Competitiva em Manufatura**; atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993, 198p.
- 29 SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Cristine et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997, 726p.
- 30 SCHONBERGER, Richard J.. **Fabricação Classe Universal**; São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1988, 263p.

- 31 SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta;** uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000, 327p.
- 32 SHINGO, Shigeo. **Sistemas de Produção com Estoque Zero;** o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996, 380p.
- 33 SHINGO, Shigeo. **O Sistema de Toyota de Produção;** do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996, 292p.
- 34 SOLANO, R. S.; HEINECK, L. F. M. Curva ABC de fornecedores – uma contribuição ao planejamento, programação, controle e gerenciamento de empreendimento e obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF.TEP, 1988, em CD-ROM, 9p.
- 35 TUBINO, Dalvio F. **Sistemas de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999, p. 111-138.
- 36 ZACCARELLI, Sérgio B. **Programação e Controle da Produção.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1987, p. 36-56.