

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

ELIZANGELA VELOSO SAES

***QUICK RESPONSE MANUFACTURING (QRM) UMA ALTERNATIVA
PARA REDUÇÃO DO LEAD TIME NA ÁREA PRODUTIVA DE UMA
EMPRESA DE MATERIAIS DE ESCRITA***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Godinho Filho

**SÃO CARLOS
2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S127qr

Saes, Elizangela Veloso.

Quick response manufacturing (QRM) uma alternativa para redução do lead time na área produtiva de uma empresa de materiais de escrita / Elizangela Veloso Saes. -- São Carlos : UFSCar, 2010.
209 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Engenharia de produção. 2. Redução de lead time. I. Título.

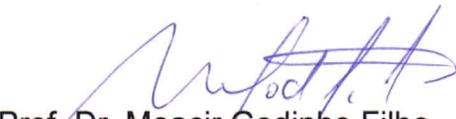
CDD: 658.5 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Elizangela Veloso Saes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 20/08/2010 PELA
COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dr. Moacir Godinho Filho
Orientador(a) PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Néocles Alves Pereira
PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Marino de Oliveira Resende
EESC/USP


Prof. Dr. Roberto Antonio Martins
Coordenador do PPGE

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco e Zoleide,
Meus heróis, meus exemplos de vida,
E ao meu esposo, José Paulo Saes Filho,
Pelo amor e apoio.

“Pensar é o trabalho mais pesado que há,
E talvez seja essa a razão para tão poucos se dedicarem a isso.”

(Henry Ford)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, minha fortaleza e meu refúgio.

Agradeço aos meus pais Francisco e Zoleide que me conduzem, por vezes me carregam, e sempre me apoiam a trilhar meu caminho.

Agradeço ao meu amado esposo José Paulo Saes Filho pela confiança, pelo apoio e por estar sempre presente mesmo com a distância.

Agradeço às minhas irmãs Claudelia e Claudinéia, mulheres guerreiras que sempre estiveram ao meu lado, me defendendo, me corrigindo e me ensinando. Elas são mais do que irmãs mais velhas, são minhas amigas, minha segunda e terceira mãe.

Agradeço aos meus cunhados Celso Mondini de Oliveira, Adilson Siqueira da Silva, *in memoriam*, e a minha cunhada Vivian Cotrim Saes por estarem sempre dispostos a ajudar e apoiar.

Agradeço aos meus queridos sobrinhos Rafael Velozo de Oliveira e Leonardo Velozo de Oliveira e à princezinha da nossa família, minha sobrinha Helena Veloso Siqueira, pela alegria que proporcionam.

Agradeço aos meus sogros José Paulo e Moema, pessoas especiais que me apoiam a seguir esse caminho do conhecimento.

Agradeço aos professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFSCar, em especial à Raquel e ao Robson pela eficiência e pelo prazer em ajudar que sempre demonstraram. E, também, ao Professor Flávio César Faria Fernandes, fonte inesgotável de conhecimento e dedicação.

Agradeço à Capes pelo apoio financeiro.

Agradeço aos professores que constituem a banca, Neócles e Mariano, pelas importantes sugestões e observações.

Agradeço aos meus amigos de mestrado, em especial ao Fábio pelo seu companherismo, à Sabrina pela sua alegria e à minha grande amiga Alyne que esteve ao meu lado ao longo desse mestrado e que, tenho certeza, mesmo com a distância, estará para sempre comigo.

E, por fim, reservo um agradecimento especial ao meu orientador Moacir Godinho Filho, a quem expresso minha admiração pela dedicação à vida acadêmica, pelo conhecimento demonstrado e transmitido. Um exemplo a ser seguido!

RESUMO

A abordagem *Quick Response Manufacturing* (QRM) foi proposta no final da década de noventa e, desde então, vem sendo implementada com sucesso em inúmeras empresas, atingindo promissores resultados na redução de *lead time* em ambientes com alta variedade de produtos. Essa abordagem, embora já estabelecida no exterior, principalmente nos Estados Unidos, ainda é pouco conhecida no Brasil a ponto de não possuir registros oficiais de sua aplicação prática, proporcionando, assim, uma nova e vasta área de pesquisa. A partir desse contexto que surge essa dissertação que tem como objetivo geral explorar e entender as formas para a redução de *lead time* com base no QRM e propor a aplicação prática dessa abordagem. Para que este objetivo fosse alcançado, buscou-se, primeiramente, a revisão integral da literatura a respeito de redução do *lead time*, descrevendo as ferramentas e os princípios para a redução de *lead time* na abordagem QRM; em seguida, propôs-se a implementação de alguns dos princípios e ferramentas do QRM na área de produção em uma empresa de materiais de escrita. Essa proposta de implementação do QRM é analisada e validada por simulações que permitem visualizar as interações das variáveis do chão-de-fábrica e os efeitos dessas variáveis no percentual de utilização dos setores, no nível de estoque intermediário (WIP) e no *lead time*. Espera-se que a implementação na prática das propostas apresentadas atinja uma redução de 55% do nível atual de WIP da empresa e de até 77% no *lead time* médio de seus produtos. Dessa forma, essa pesquisa pretende contribuir com a teoria e a prática em gestão de sistemas de manufatura, mostrando a importância da redução do *lead time* e os efeitos e benefícios da implementação do QRM em uma empresa brasileira.

Palavras-chave: Redução do *Lead time*. *Quick Response Manufacturing*.

ABSTRACT

The approach Quick Response Manufacturing (QRM) has been proposed in the late ninety, and since then, has been successfully deployed in many companies, achieving promising results in reduction of lead time in environments with high product variety. This approach, although already established abroad, mainly in the United States, is poorly known in Brazil as not to have official records of its practice, thus providing a vast new area of research. From this context that this dissertation aims to explore and understand the general ways to reduce lead time based on QRM and propose a practical application of this approach. For this objective to be achieved, we sought, first, the comprehensive review of the literature concerning the reduction of lead time, describing the tools and principles to reduce lead time in the QRM approach and then propose to implement some of the principles and tools of QRM in the production area in a business of writing. This proposed implementation of QRM is analyzed and validated by simulations that visualize the interactions of variables from the factory floor and the effects of these variables in the percentage of use of sectors in the intermediate level of inventory (WIP) and lead time. It is hoped that the practical implementation of the proposals to reach a 55% reduction from the current level of WIP company and up to 77% in the average lead time of its products. Thus, this research contributes to the theory and practice in management of manufacturing systems, showing the importance of reducing lead time and the effects and benefits of implementing QRM in a Brazilian company.

Key words: Lead time reduction. *Quick Response Manufacturing*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Síntese da metodologia de pesquisa adotada.....	15
FIGURA 2.1: Os quatro elementos-chave de um Paradigma Estratégico de Gestão da Manufatura	18
FIGURA 2.2: Configuração dos quatro elementos-chave da Manufatura em Massa Atual ...	24
FIGURA 2.3: Modelo de relacionamento dos PEGEMs e seus objetivos de desempenho estratégico.....	34
FIGURA 3.1: Passos para realização da presente revisão, classificação e análise	37
FIGURA 3.2: Número de trabalhos de acordo com a abordagem adotada.....	60
FIGURA 3.3: Número de artigos de acordo com o método empregado.....	61
FIGURA 3.4: Número de artigos por abordagem e abrangência.....	62
FIGURA 3.5: Número de trabalhos por objetivos específicos referentes à Contribuição para a Prática.....	72
FIGURA 3.6: Número de trabalhos por objetivos específicos referentes à Contribuição para a Teoria.....	73
FIGURA 3.7: Número de trabalhos por abordagem de pesquisa a cada cinco anos.....	74
FIGURA 3.8: Número de trabalhos por método de pesquisa a cada cinco anos.....	75
Fonte: AUTOR.....	75
FIGURA 3.9: Número de trabalhos por abrangência de pesquisa a cada cinco anos.....	77
FIGURA 3.10: A contribuição dos trabalhos mais focados a cada cinco anos.....	81
FIGURA 4.1: Visão Geral do QRM.....	87
FIGURA 4.2: Causas raízes que podem dar origem a Espiral do Tempo de Resposta.....	91
FIGURA 4.3: Esquema de funcionamento do <i>software</i> MPX.....	94
FIGURA 4.4: O efeito da utilização no <i>lead time</i>	99
FIGURA 4.5: O efeito combinado da utilização e da variabilidade ocasionada pela má gestão dos recursos no <i>lead time</i>	100
FIGURA 4.6: O efeito do tamanho de lote no <i>lead time</i>	101
FIGURA 4.7: O efeito que a redução dos tempos entre falhas, reparo, de máquinas e dos tempos de set up exerce no tamanho de lote e no <i>lead time</i>	103
FIGURA 4.8: Esquema para a aplicação da técnica <i>time-slicing</i> e da célula virtual.....	106
FIGURA 4.9: Esquema do funcionamento do sistema POLCA.....	108
FIGURA 4.10: Lógica de Execução dos Projetos QRM.....	119
FIGURA 4.11: Uma visão geral da comparação entre os conceitos chaves do QRM e da ME	128
FIGURA 5.1: Fluxograma global do processo de fabricação do lápis.....	132
FIGURA 5.2: Síntese das etapas da presente pesquisa	134
FIGURA 5.3: Lógica de aplicação das técnicas utilizadas na etapa 1 da pesquisa.....	135
FIGURA 5.4: Fluxograma do processo para a família de estojos de 12 cores.....	137
FIGURA 5.5: Fluxograma o Mapeamento do MCT para a família de estojos de 12 cores ..	139
FIGURA 5.6: MCT para a família de estojos de 12 cores	140
FIGURA 5.7: Caracterização dos setores do LAC, acabamento e embaladoras.....	143
FIGURA 5.8: Esquema do sistema de planejamento e controle da produção da empresa estudada	145
FIGURA 5.9: Utilização dos setores para os pedidos “pequenos”	149
FIGURA 5.10: Nível de WIP para os pedidos “pequenos”	151
FIGURA 5.11: <i>Lead time</i> para os pedidos “pequenos”.....	152
FIGURA 5.12: Utilização dos setores para os pedidos “grandes”	153

FIGURA 5.13: Nível de WIP para os pedidos “grandes”	155
FIGURA 5.14: <i>Lead time</i> para os pedidos “grandes”	156
FIGURA 5.15: Cadeia de relacionamento causa-efeito para o longo <i>lead time</i>	160
FIGURA 6.1: Células propostas com seus roteiros e setores utilizados	164
FIGURA 6.2: Utilização dos setores para o cenário 2	165
FIGURA 6.3: Nível de WIP total para o cenário 2	167
FIGURA 6.4: <i>Lead time</i> para o produto único	168
FIGURA 6.5: Utilização dos setores para o cenário 3	170
FIGURA 6.6: Nível de WIP para o cenário 3	172
FIGURA 6.7: Análise do <i>lead time</i> para as família “A” e “B” para o cenário 3	173
FIGURA 6.8: Análise dos níveis de WIPs para os setores dos cenários 3 e 4.....	177
FIGURA 6.9: Análise do <i>lead time</i> para as famílias “A” e “B” para os cenários 3 e 4.....	178
FIGURA 6.10: Análise dos níveis de WIP dos setores para os cenários 3, 4 e 5	181
FIGURA 6.11: Análise do <i>lead time</i> dos produtos da família “A” e “B” para os cenários 3, 4 e 5	183
FIGURA 6.12: Curva <i>lead time</i> x tamanho de lote	186
FIGURA 6.13: Análise dos níveis de WIPs para as famílias “A” e “B”	187
FIGURA 6.14: Análise do <i>lead time</i> dos produtos das famílias “A” e “B” para o cenário 6188	
FIGURA 6.15: Causas raízes e propostas	190

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: Princípios utilizados nos trabalhos pesquisados	41
TABELA 3.2: Ferramentas utilizadas nos trabalhos pesquisados.....	42
TABELA 3.3: Contribuições dos trabalhos pesquisados	43
TABELA 3.4: Classificação dos trabalhos qualitativos	44
TABELA 3.5: Classificação dos trabalhos quantitativos	47
TABELA 3.6: Combinação de dois ou três grupos	63
TABELA 3.7: Número e frequência dos trabalhos qualitativos relacionados a cada princípio.	63
TABELA 3.8: Número e frequência dos trabalhos quantitativos relacionados a cada princípio.	65
TABELA 3.8: Os cinco princípios mais focados nos trabalhos qualitativos e quantitativos..	66
TABELA 3.9: Alguns princípios menos focados nos trabalhos qualitativos e quantitativos..	67
TABELA 3.10: Número e frequência dos trabalhos qualitativos relacionados a cada ferramenta.....	68
TABELA 3.10: Número e frequência dos trabalhos quantitativos relacionados a cada ferramenta.....	69
TABELA 3.12: Algumas ferramentas mais focadas nos trabalhos qualitativos e quantitativos.	70
TABELA 3.13: Algumas ferramentas menos focadas nos trabalhos qualitativos e quantitativos.....	71
TABELA 3.14: Princípios focados a cada cinco anos.....	78
TABELA 3.15: Ferramentas focadas a cada cinco anos.....	80
TABELA 4.1: Conceitos-chave do QRM e, da ME	122
TABELA 5.1: Taxa média de produção para cada linha do LAC, acabamento e embaladoras	142
TABELA 5.2: <i>Inputs</i> para simulação via MPX.....	147
TABELA 5.3: Síntese das simulações para o cenário 1	157
TABELA 6.1: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1 e 2.....	166
TABELA 6.2: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1 e 2.....	167
TABELA 6.3: Análise do <i>lead time</i> para os produtos dos cenários 1 e 2	169
TABELA 6.4: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1, 2 e 3..	171
TABELA 6.5: Análise dos níveis de WIP dos setores para os cenários 1, 2 e 3.....	172
TABELA 6.6: Análise do <i>lead time</i> para os produtos dos cenários 1, 2 e, para a família de produtos do cenário 3	174
TABELA 6.7: Análise dos resultados para os cenários 1, 2 e 3	174
TABELA 6.8: Análise dos percentuais de utilização para os cenários 3 e 4.....	176
TABELA 6.9: Análise dos níveis de WIPs para os cenários 3 e 4.....	178
TABELA 6.10: Análise do <i>lead time</i> dos produtos das famílias “A” e “B” do cenário 3 e 4	179
TABELA 6.11: Análise da utilização para os setores dos cenários 3, 4 e 5.....	180
TABELA 6.12: Análise dos níveis de WIPs para os cenários 3, 4 e 5.....	182
TABELA 6.13: Análise do <i>lead time</i> dos produtos das famílias “A” e “B” do cenário 3, 4 e 5	184
TABELA 6.14: Análise dos resultados para as variações nos tamanhos dos lotes	185
TABELA 6.15: Análises dos resultados para os cenários 1, 2, 3, 4, 5 e 6	189
TABELA 6.16: Consolidação de resultados.....	192

LISTA DE SIGLAS

- BPR:** Reengenharia de Processo
- CAD:** Projeto apoiado por Computador
- CAM:** Manufatura apoiada por Computador
- CF:** Ferramentas
- CF₁:** Automação
- CF₂:** CAD/CAM (*Computer-aided Design and Manufacturing*)
- CF₃:** Células de chão-de-fábrica
- CF₄:** Células de escritório (Q-ROC)
- CF₅:** CPFR (*Collaboative Planning, Forecasting and Replenishment*)
- CF₆:** *Cross-trained* (trabalhadores multi-especializados)
- CF₇:** D/A (*Design for Analysis*)
- CF₈:** EDI (*Electronic Data Interchange*)
- CF₉:** *Empowerment* (delegação de responsabilidades)
- CF₁₀:** Engenharia Simultânea
- CF₁₁:** ERP (*Enterprise Resource Planning*)
- CF₁₂:** Espiral do Tempo de Resposta
- CF₁₃:** Fornecedores Certificados
- CF₁₄:** FTMS (Segmento de Mercado a ser Focado)
- CF₁₅:** Gerenciamento Visual
- CF₁₆:** JIT (*Just-in-time*)
- CF₁₇:** Mapeamento do MCT (*Manufacturing Critical-path Time*)
- CF₁₈:** MRP (*Material Requeriment Planning*)
- CF₁₉:** MRP no nível mais alto de programação (HL/MRP)
- CF₂₀:** *Onwership* (delegação de autoridade)
- CF₂₁:** Padronização do Processo
- CF₂₂:** Produção Puxada
- CF₂₃:** Produção Puxada e Empurrada (POLCA)
- CF₂₄:** Proximidade com fornecedores (*Dual Sourcing*)
- CF₂₅:** QFD (*Quality Function Deployment*)
- CF₂₆:** Número QRM (medida de desempenho proposta pelo QRM)
- CF₂₇:** QRM Detetive (técnica proposta pelo QRM para levantamento de problemas)

CF₂₈: Regra “no máximo uma” (uma mesma atividade não deve passar mais que uma vez pelo mesmo setor ou pessoa)

CF₂₉: Recompensar as reduções de *lead time*

CF₃₀: SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

CF₃₁: *System Dynamics* (SD)

CF₃₂: Ferramenta de Modelagem Rápida (RTM)

CF₃₃: *Tagging* (etiqueta que é anexada ao produto ao longo de todo seu processo de produção)

CF₃₄: Times (equipes de funcionários multi-especializados)

CM: Customização em Massa

CP: Princípios

CP₁: Clientes Parceiros

CP₂: Cultura da velocidade

CP₃: Eliminação de atividades que não agregam valor

CP₄: Eliminar a variabilidade no processo

CP₅: Entender a variabilidade estratégica (mix de produtos)

CP₆: Entender a relação entre variáveis do chão-de-fábrica por meio de uma abordagem científica

CP₇: Estratégia focada na redução do *lead time*

CP₈: Flexibilidade do processo

CP₉: Fornecedores Parceiros

CP₁₀: Introdução Rápida de Novos Produtos

CP₁₁: Manter os recursos produtivos com 100% de utilização de sua capacidade

CP₁₂: Manter os recursos produtivos entre 70 a 80% de utilização de sua capacidade

CP₁₃: Medidas de desempenho focadas no tempo

CP₁₄: Melhoria Contínua

CP₁₅: Motivação/ Treinamento

CP₁₆: Redução do tamanho dos lotes

CP₁₇: Redução de *set up*

CP₁₈: Redução de WIP

CP₁₉: Utilização de ferramentas que identifiquem o tamanho de lote ótimo para redução do *lead time*

CP₂₀: Uso da tecnologia e sistemas de informação

CPFR: Técnica Colaborativa Aplicada ao Contexto Corporativo

CS: Cadeia de Suprimentos/Logística

D/A: Técnica que Auxilia a Criação de Projetos

DFMA: Projeto para Manufatura e Montagem
E: Escritório/Atividades de Apoio
EC: Estudo de Caso
EDI: Troca Eletrônica de Dados
FMS: Sistemas Flexíveis de Manufatura
FTMS: Segmento de Mercado a ser Focado
HL/MRP: Alto Nível de Utilização do MRP
JIT: *Just-in-time*
LAC: Setor de Lápis Cru da Fábrica Estudada
MA: Manufatura Ágil
MC: Manufatura Celular
MCT: Mapeamento do Caminho Crítico
ME: Manufatura Enxuta
MI: Melhoria Contínua
MM: Manufatura em Massa
MMA: Manufatura em Massa Atual
MPX: *Software* de Simulação
MR: Manufatura Responsiva
MS: Modelagem/Simulação
P: Contribuição para a Prática
P₁: Demonstra o porquê as empresas devem reduzir o seu *lead time*
P₂: Busca como as empresas estão reduzindo seu lead time, busca as melhores práticas
P₃: Propõe aplicações
P₄: Aplica princípios e/ou ferramentas
PA: Pesquisa-ação
PCP: Planejamento e Controle da Produção
PD: Pesquisa e Desenvolvimento
PEGEMs: Paradigmas Estratégicos da Gestão de Manufatura
PERT/CPM: Técnica Utilizada no Gerenciamento de Redes
PFA: Fluxo de Produção
POLCA: Sistema Híbrido
PQ: Produção/Qualidade
QCD: Trio Qualidade, Custo e Entrega
QFD: Desdobramento da Função Qualidade
QRM: *Quick Response Manufacturing*

Q-ROC: Células de Escritório

Qual.: Qualitativo

Quant.: Quantitativo

RL: Revisão da Literatura

RMT: Tecnologia de Modelagem Rápida

S: *Survey*

SMED: Regras práticas para Redução de *Set up*

STP: Sistema Toyota de Produção

T: Contribuição para a Teoria

T₁: Define, esclarece e motiva

T₂: Propõe ferramentas

T₃: Ampla e completa revisão bibliográfica

TBC: Competição baseada no Tempo

TC: Tecnologia de Grupo

TI: Tecnologia de Informação

VMI: Vendedor Responsável pelo Estoque

VSM: Mapeamento do Fluxo de Valor

WIP: Estoque Intermediário

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	7
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.3 JUSTIFICATIVA DA IMPORTÂNCIA DO TEMA	9
1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA	10
1.4.1 Métodos de Abordagem	10
1.4.2 Abordagem de Pesquisa	11
1.4.3 Método de Pesquisa	12
1.4.4 Caracterização do Método: Estudo de Caso	13
1.4.5 Técnicas de Coleta e Análise de Dados.....	14
1.5 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	15
CAPÍTULO 2: PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DE MANUFATURA (PEGEMS)	17
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 PEGEMS: OBJETIVOS E ELEMENTOS-CHAVE	17
2.3 OS PARADIGMAS QUE FORMAM OS PEGEMs	21
2.3.1 Manufatura em Massa Atual	21
2.3.2 Manufatura Enxuta	24
2.3.3 Manufatura Responsiva	29
2.3.4 Customização em Massa	30
2.3.5 Manufatura Ágil	31
2.4 Os PEGEMs e seus <i>trade-offs</i>	33
2.5 Considerações Finais	35
CAPÍTULO 3: CLASSIFICAÇÃO DE TRABALHOS SOBRE REDUÇÃO DO LEAD TIME - DA COMPETIÇÃO BASEADA NO TEMPO (TBC) AO QUICK RESPONSE MANUFACTURING (QRM)	36
3.1 INTRODUÇÃO	36
3.2 OS PASSOS DA PRESENTE PESQUISA	37
3.3 O MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO PROPOSTO	38
3.3.1 Abordagem de Pesquisa Adotada nos Trabalhos Pesquisados.....	39
3.3.2 Método de Pesquisa Utilizado nos Trabalhos Pesquisados	39
3.3.3 Abrangência dos Trabalhos Pesquisados.....	40
3.3.4 Princípios e Ferramentas do TBC, MR e QRM Utilizados nos Trabalhos Pesquisados .	41
3.3.5 Contribuições dos Trabalhos Pesquisados.....	43
3.4 CLASSIFICAÇÃO DA LITERATURA SOBRE O TEMA	43

3.5 ESTRUTURAÇÃO DA REVISÃO DA LITERATURA	48
3.5.1 Trabalhos Qualitativos (Qual)	48
3.5.2 Trabalhos Quantitativos (Quant)	55
3.6 ANÁLISES QUALITATIVAS SOBRE O TEMA REDUÇÃO DO LEAD TIME NO CONTEXTO DA TBC/MR E DO QRM.....	58
3.7 ANÁLISES QUANTITATIVAS SOBRE O TEMA REDUÇÃO DO LEAD TIME NO CONTEXTO DA TBC/MR E DO QRM.....	59
3.7.1 Análise critério a critério	60
3.7.2 Análise temporal.....	74
3.7.3 Correlações	82
3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
CAPÍTULO 4: QUICK RESPONSE MANUFACTURING (QRM) -	86
CONCEITUALIZAÇÃO, PRINCÍPIOS E ANÁLISE COMPARATIVA COM A MANUFATURA ENXUTA (ME).....	86
4.1 INTRODUÇÃO	86
4.2 CONCEITUALIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO QRM	86
4.3 A BASE DO QRM.....	89
4.3.1 Os Conceitos-chave do QRM.....	89
4.3.1.1 Gestão focada na redução do <i>lead time</i>	90
4.3.1.2 Alterar a estrutura organizacional para conseguir redução do <i>lead time</i>	91
4.3.1.3 Utilização dos conceitos e ferramentas de Dinâmica de Sistemas (SD)	92
4.3.1.4 Focar a redução do <i>lead time</i> na empresa como um todo.....	95
4.3.2 Os 10 Princípios Gerais do QRM.....	95
4.4 CONCEITOS E FERRAMENTAS DO QRM APLICADOS ÀS PRINCIPAIS ÁREAS DA EMPRESA	97
4.4. 1 QRM na produção	97
4.4.1.1 Entender que a alta utilização é inimiga do baixo <i>lead time</i>	98
4.4.1.2 Entender o efeito da variabilidade	99
4.4.1.3 Busca pelo tamanho de lote mais adequado para redução de <i>lead time</i>	100
4.4.1.4 Manutenção Produtiva Total (TPM) e redução de <i>set up</i>	101
4.4.1.5 Utilização da Manufatura Celular (MC)/ Tecnologia de Grupo (TG).....	103
4.4.1.6 Utilizar o sistema de Controle da Produção POLCA	106
4.4.2 QRM na Cadeia de Suprimentos	109
4.4.2.1 Estratégias voltadas aos fornecedores	109
4.4.2. Estratégias voltadas aos Clientes.....	110
4.4.3 QRM no Escritório	110
4.4.3.1 Princípios organizacionais no escritório.....	111
4.4.3.2 Princípios para manuseio e gestão de informação.....	111
4.4.3.3 Princípios da Dinâmica de Sistemas (SD) no escritório.....	112
4.4. 4 QRM na Introdução de Novos Produtos	113
4.4.4.1 Princípios gerenciais.....	113
4.4.4.2 Princípios para projeto e manufatura.....	114

4.5 TREINAMENTO E MOTIVAÇÃO PARA O QRM	115
4.5.1 Mudança de Mentalidade e Treinamentos.....	115
4.6 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO	117
4.6.1 Passos para implementação.....	117
4.6.2 Ferramentas de Coleta e Análise de dados.....	119
4.7 QRM E ME: ANÁLISE COMPARATIVA NA ÁREA DE PRODUÇÃO	121
4.7.1 Semelhanças e diferenças com relação aos conceitos que aparecem tanto no QRM quanto na ME.....	122
4.7.2 Semelhanças e Diferenças com Relação aos Conceitos Exclusivos de cada Paradigma.....	124
4.7.3 Análise Comparativa.....	127
4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
CAPÍTULO 5: ESTUDO DE CASO- COLETA E ANÁLISE DE DADOS	130
5.1 INTRODUÇÃO	130
5.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO SETOR ESTUDADO	130
5.3 AS ETAPAS DE PESQUISA	133
5.4 COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DO FTMS	134
5.5 ANÁLISE DE DADOS E LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS	141
5.5.1 Descrição da planta e do processo.....	141
5.5.1.1 Planta e Recursos.....	142
5.5.1.2 O Planejamento e Controle da Produção.....	143
5.5.2 Levantamento de problemas.....	147
5.5.2.1 Cenário 1: Situação Atual da Empresa.....	148
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
CAPÍTULO 6: ESTUDO DE CASO - PROPOSTAS DE MELHORIAS E ANÁLISES DE RESULTADOS	162
6.1 INTRODUÇÃO	162
6.2 MELHORIAS RELATIVAS À CAUSA RAIZ 1- ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO PEDIDO COM UTILIZAÇÃO DE <i>RUSH ORDERS</i>: PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE CÉLULAS	162
6.2.1 Cenário 2: Recursos não são mais alocados em função do tamanho do pedido.....	165
6.2.2 Cenário 3: Criação de duas células e aplicação da técnica <i>time slicing</i>	169
6.3 MELHORIAS RELATIVAS À CAUSA RAIZ 2 -ALTA FREQUÊNCIA DE QUEBRA DE MÁQUINAS: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DO TPM 175	
6.3.1 Cenário 4: Duas células de produção e aplicação do TPM.....	176
6.4 MELHORIAS RELATIVAS ÀS CAUSAS RAÍZES 3 E 4- ALTOS TEMPOS MÉDIOS DE <i>SET UP</i> E UTILIZAÇÃO DE LOTES GRANDES: PROPOSTAS DE REDUÇÃO NOS TEMPOS DE <i>SET UPS</i> E BUSCA PELO TAMANHO DE LOTE MAIS ADEQUADO A REDUÇÃO DO <i>LEAD TIME</i>	179

6.4.1 Cenário 5: Duas células de produção, TPM e redução de <i>set up</i>	180
6.4.2 Cenário 6: Duas células de produção, TPM, redução de <i>set up</i> e redução do tamanho do lote	184
6.5 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	189
6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	192
CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES	194
8. REFERÊNCIAS	197

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

As empresas do século XXI estão diante de um mercado cada vez mais competitivo e exigente, resultado da intensa globalização econômica. Nesse cenário, as empresas passaram a presenciar um aumento crescente no grau de exigências de seus clientes, nas inovações tecnológicas e na competitividade do mercado mundial.

Para amenizar tais ameaças, as últimas décadas desencadearam um período de intensas mudanças na gestão e organização dos sistemas produtivos nas empresas em todo o mundo. Essas mudanças têm como marco duas importantes vertentes. A primeira, que ocorre no âmbito das inovações tecnológicas em máquinas, sistemas de informação, automação, robótica, telecomunicações e outras tecnologias que auxiliam o planejamento e controle das operações. Já a segunda, está relacionada aos novos paradigmas de gestão da produção que ganharam credibilidade a partir da década de oitenta, graças à intensa competitividade empresarial (CLETO, 2002).

De acordo com os autores Godinho Filho e Fernandes (2005a; 2009), os novos paradigmas de gestão da produção podem ser estudados de forma conjunta para que haja comparações, um melhor entendimento e uma maior utilização prática. Para isso, os autores propõem um novo conceito, denominado Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEM). Tal conceito é definido como modelos/padrões estratégicos e integrados de gestão, direcionadas a certas situações do mercado com a proposta de auxiliar as empresas a alcançarem determinado(s) objetivo(s) de desempenho.

A partir desta definição, consideram-se como PEGEMs os seguintes paradigmas: Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Enxuta (ME), Manufatura Responsiva (MR), Customização em Massa (CM) e Manufatura Ágil (MA). A presente pesquisa foca o paradigma da Manufatura Responsiva (MR) que pode ser alcançado por meio da abordagem *Quick Response Manufacturing* (QRM). Essa abordagem enfatiza a redução do *lead time* em um ambiente com alta variedade de produtos e mostra como o tempo pode ser uma vantagem estratégica.

Apesar da importância do *lead time* para as empresas, grande parte da literatura sobre o tema é bastante conceitual limitada em estudos práticos que mostrem e quantifiquem

os benefícios da implementação de conceitos e ferramentas de redução do *lead time* nas variáveis do chão-de-fábrica (TREVILLE *et al.*, 2004).

É exatamente com a finalidade de auxiliar no preenchimento deste *gap* que surge o objetivo geral da presente pesquisa: **Explorar e entender as formas para a redução do *lead time* com base na abordagem QRM e propor a aplicação prática de tal abordagem.**

Para atingir este objetivo, essa pesquisa apresenta as ferramentas e os princípios para a redução do *lead time* da abordagem QRM. Na sequência, propõe a implementação de alguns de seus princípios e ferramentas na área da produção de uma empresa de materiais de escrita.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho de pesquisa, conforme supracitado, surge da oportunidade de propor, na prática, a aplicação da abordagem QRM. Diante disso, os objetivos específicos que deverão ser atingidos para que o objetivo geral da presente dissertação possa ser alcançado são:

Objetivo Específico 1: Apresentar uma revisão e uma classificação de trabalhos sobre redução do *lead time* no contexto da Competição Baseada no Tempo (TBC)/Manufatura Responsiva (MR) e do QRM.

Objetivo específico 2: Apresentar uma revisão da literatura a respeito da abordagem QRM.

Objetivo específico 3: Realizar um estudo de caso em que será simulado o cenário atual da empresa estudada para compará-lo aos demais cenários criados após a proposta de implementação da abordagem QRM.

Objetivo específico 4: Contribuir com a teoria em gestão de sistemas de manufatura mostrando uma proposta de implementação prática de uma série de novos princípios e ferramentas para a redução do *lead time*.

Objetivo específico 5: Motivar estudos futuros e aplicações da abordagem QRM em empresas brasileiras por meio dos resultados alcançados nessa pesquisa.

1.3 JUSTIFICATIVA DA IMPORTÂNCIA DO TEMA

O atual modelo econômico mundial trouxe diversas mudanças no cenário empresarial. O mercado, além de exigir maior qualidade, maior variedade de produtos e menor custo, vem exigindo também a entrega de produtos em intervalos cada vez menores. A partir dessas novas necessidades, o QRM surge como uma nova e importante abordagem que busca atingir a MR no setor industrial, atendendo e satisfazendo consumidores por meio da redução do *lead time* em um ambiente com alta variedade de produtos.

A MR foi proposta no final da década de oitenta e início da de noventa, porém, foi somente em 1998, nos EUA, que Rajan Suri apresentou oficialmente uma abordagem para alcançar a reponsividade em empresas de manufatura. Essa abordagem foi denominada *Quick Response Manufacturing* -QRM (HARDING, 2002; SURI, 1998).

Suri (1998) ressalta que o QRM não é simplesmente um novo termo, mas sim uma técnica que veio para se consolidar. A razão é simples: a sociedade moderna e a tecnologia vêm produzindo consumidores cada vez mais impacientes que buscam produtos com maior qualidade, funcionalidade, altamente customizados concedendo às empresas tempos cada vez menores para que suas necessidades e desejos sejam supridos por elas.

O QRM já foi aplicado com sucesso em mais de duzentas indústrias americanas, promovendo o estabelecimento, na Universidade de Wisconsin, em Madison, de um dos mais importantes centros de pesquisa mundial na área (www.qrmcenter.org), bem como uma parceira entre esse centro e um grupo de pesquisadores do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

De acordo com os estudos já desenvolvidos pelo centro de pesquisa e seus parceiros, a aplicação dos princípios e técnicas do QRM permite alcançar importantes reduções de *lead time*. Essas reduções podem atingir até 75% no tempo de introdução de novos produtos e 90% no tempo gasto para preenchimento de ordem de produção de produtos já existentes. Além disso, Suri (1998) ressalta que os sucessos dos programas QRM resultam na melhoria da qualidade, na redução de custos e na agilidade das entregas. Os ganhos se mostram extremamente atraentes, o que desperta a atenção para essa pesquisa, uma vez que esta abordagem ainda não é muito conhecida no Brasil. Tal situação permite a oportunidade de explorar como e quais princípios e ferramentas do QRM devem ser propostos para atingir

significativas reduções do *lead time* na empresa estudada, bem como verificar e quantificar, na prática, o efeito dessas propostas.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta seção pretende apresentar uma breve descrição das abordagens e métodos de pesquisa mais conhecidos na área de Engenharia de Produção e estabelecer os mais apropriados para a presente pesquisa.

1.4.1 Métodos de Abordagem

De acordo com as autoras Lakatos e Marconi (2001), o método de abordagem se caracteriza por uma grande amplitude, um nível de abstração elevado dos fenômenos da natureza e da sociedade englobando o indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético

O método indutivo baseia-se na formulação de leis gerais a partir de observações particulares (MATALLO Jr., 1995). Logo, o número de observações que formam a base da generalização deve ser amplo e estas devem ser repetidas sob várias condições.

Para Lakatos e Marconi (2001), o método dedutivo é aquele que a partir de teorias e leis, prediz a ocorrência dos fenômenos particulares. O método hipotético-dedutivo, para esses autores, se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos acerca da qual se formula hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência dos fenômenos abrangidos pela hipótese.

O método dialético, ainda de acordo com Lakatos e Marconi (2001), penetra o mundo dos fenômenos por meio da contradição inerente ao fenômeno e da mudança que ocorre na natureza e na sociedade.

Com base nos métodos de abordagem descritos anteriormente, a presente pesquisa pode ser classificada como dedutiva. Isso ocorre em razão das propostas de implementação dos princípios e ferramentas para a redução do *lead time* que se apoiam na

abordagem já existente do QRM, não apresentando intenção de formulação de novas leis ou conceitos gerais.

1.4.2 Abordagem de Pesquisa

As abordagens de pesquisa são condutas que orientam o processo de investigação; são formas ou maneiras de aproximação e focalização do problema ou fenômeno que se pretende estudar. Essas abordagens podem ser classificadas em quantitativas e qualitativas (LAKATOS e MARCONI, 2001).

De acordo com Amaratunga *et al.* (2002), as pesquisas qualitativas buscam aproximar a teoria e os fatos, pela descrição e interpretação de eventos isolados ou únicos. Para isso, são realizadas análises do fenômeno, tendo como base a subjetividade do pesquisador, o que conduz, geralmente, a resultados particulares que possibilitam a comparação entre os casos. Bryman (1989) completa relatando que a abordagem qualitativa visa à:

- a) Capturar perspectivas e percepções das pessoas;
- b) Utilizar-se de uma flexível estruturação das entrevistas;
- c) Fontes múltiplas de dados;
- d) Grande interação pesquisador /objeto de estudo.

Já a abordagem quantitativa busca apresentar as seguintes características:

- a) O pesquisador deve ter controle sobre as variáveis;
- b) Apresentação rígida na estruturação das entrevistas;
- c) Não existe envolvimento com a organização.

Por meio da identificação das características de ambas as abordagens, conclui-se que a mais adequada ao objetivo desta pesquisa é a abordagem qualitativa. A razão para isso é que se busca propor a aplicação de princípios e ferramentas do QRM que reduzam o *lead time* com base nos problemas e causas levantados durante o estudo. Além disso, a principal característica da pesquisa é a interação entre a pesquisadora e a empresa estudada.

1.4.3 Método de Pesquisa

Dentre os principais métodos utilizados nas pesquisas relacionadas à área Engenharia de Produção (modelagem, *survey*, pesquisa-ação e estudo de caso), o que mais se aproxima do objetivo proposto nesta pesquisa é o estudo de caso (YIN, 2005). Essa escolha se justifica pela ênfase dada aos acontecimentos contemporâneos, criando, assim, a necessidade da observação direta do objeto estudado, da não manipulação das variáveis do chão-de-fábrica que afetam a redução do *lead time* e da criação de um maior entendimento a respeito do tema estudado. Para que sejam melhor entendidas as razões da escolha do estudo de caso como método de pesquisa, as principais características de cada um dos métodos de pesquisa utilizados na área da Engenharia de Produção serão brevemente descritos a seguir.

Em relação à modelagem, tem-se que esse método define hipóteses sobre seus principais aspectos, identifica as principais variáveis e suas relações. Essas variáveis e relações são descritas matematicamente ou logicamente (ASKIN e STANDRIDGE, 1993).

Já o *survey* apresenta as seguintes características: tem por propósito prover descrições quantitativas de alguns aspectos da população estudada. A principal maneira de coletar as informações é por meio de questões estruturadas e previamente definidas, sendo que a informação é geralmente coletada em uma fração da população em estudo (PINSONNEAULT E KRAEMER, 1993). Dessa forma é possível concluir que os propósitos desse método não condizem com os propósitos desta pesquisa.

A pesquisa-ação se caracteriza por seu caráter participativo, uma vez que possibilita a integração entre os participantes da pesquisa e os próprios investigados. O autor completa dizendo que a pesquisa-ação não se restringe em descrever situações, se encarrega, também, de criar acontecimentos que venham propiciar mudanças no sistema considerado (THIOLLENT, 1997). Tais atividades que caracterizam esse método não se evidenciam na presente pesquisa.

Por fim, tem-se a definição de estudo de caso apresentada por Yin (2005): “estudo de caso é uma forma de pesquisa empírica, que visa investigar fenômenos contemporâneos, considerando o contexto real do fenômeno estudado, geralmente quando as fronteiras entre o contexto e o fenômeno não estão bem definidas.” O autor Bryman (1989) completa relatando que esse procedimento de pesquisa geralmente envolve o exame de apenas um ou um pequeno número de casos, não tendo por objetivo a generalização estatística, mas

sim, a criação de relações e entendimento sobre o fenômeno estudado. Tais definições e características reforçam a escolha do método a ser utilizado, pois vão em direção ao objetivo proposto nesta pesquisa: explorar e entender a prática da redução do *lead time* com base na abordagem QRM de uma empresa de matérias de escrita.

1.4.4 Caracterização do Método: Estudo de Caso

De acordo com Yin (2005), existem, pelo menos, cinco aplicações diferentes para o estudo de caso quanto aos seus objetivos. A primeira delas visa à explicação dos supostos vínculos causais em intervenções de situações reais que são complexas para estratégias de experimentais. A segunda aplicação descreve uma intervenção e o contexto das situações reais em que a intervenção ocorre. A terceira, ilustra certos tópicos dentro de uma avaliação, por meio de um modo descritivo. A quarta, por sua vez, aplicação busca explorar situações em que a intervenção estudada não apresenta um conjunto claro de resultados. E, por fim, a última aplicação do estudo de caso pode ser uma meta avaliação que é um estudo de avaliação.

Dentre as aplicações apresentadas a que mais se evidencia nessa pesquisa é a aplicação exploratória, visto que a necessidade dessa pesquisa é entender e explorar a abordagem QRM.

Para atingir este objetivo, faz-se o uso do estudo de caso único que será realizado em uma empresa que possui os pré-requisitos necessários para o início de um projeto QRM: um mercado que valoriza a responsividade, que possui alta variedade de produtos e um longo *lead time*.

Em relação ao recorte de tempo, têm-se duas classificações: retrospectivo e longitudinal. De acordo com Voss *et al.* (2002), a primeira classificação estabelece que um estudo de caso retrospectivo investigue o passado, coletando dados históricos. Em função da natureza histórica, é difícil determinar relações de causa e efeito, pois os participantes podem não recordar precisamente dos eventos estudados e a análise documental não necessariamente reflete o que realmente ocorreu. Já a segunda classificação investiga o tempo presente, de certa forma superando as limitações do estudo de caso retrospectivo.

Com base nestas definições, a técnica de recorte de tempo predominante nessa pesquisa é a longitudinal, pois os problemas e a causas do longo *lead time* são levantadas e

identificadas no momento em que ocorrem. Além disso, para que a pesquisa alcance seus objetivos gerais e específicos é necessário a observação direta dos acontecimentos a serem estudados por um período contínuo. Nessa pesquisa, especificamente, o horizonte foi de 80 dias.

1.4.5 Técnicas de Coleta e Análise de Dados

As técnicas de pesquisa podem ser de diversos tipos: observação, questionários, entrevistas (estruturadas, semi-estruturadas ou não estruturadas), análise documental, simulações, entre outras. Miguel (2007), completa afirmando que, no método do estudo de caso, devem ser utilizadas múltiplas técnicas de coleta de dados. Dessa forma, essa pesquisa apresenta as seguintes técnicas:

- a) Observação direta: a pesquisadora permaneceu na empresa estudada durante um período de 80 dias, a fim de entender e explorar o sistema de produção;
- b) Entrevistas não estruturadas: as entrevistas foram realizadas de forma não estruturada e aplicadas aos funcionários de chão-de-fábrica e gerentes do setor estudado;
- c) Análise documental: essa técnica permitiu o acesso ao histórico de dados da empresa e suas informações foram confrontadas com os dados coletados pela pesquisadora.

A análise de dados da presente pesquisa utiliza a simulação via o *software* MPX. Esse *software* foi desenvolvido pela *Network Dynamics AS*, na cidade de Framingham, em Massachusetts, dentro do escopo da Tecnologia de Modelagem Rápida (RMT - *Rapid Modeling Technology*). Sua utilização permite quantificar, validar e analisar os efeitos da redução do *lead time* nas variáveis do chão de fábrica. Nesse ponto, é importante observar que a simulação utilizada será a física. De acordo com Berends e Rome (1999), a simulação pode ser classificada de duas maneiras: matemática e física. A simulação física, empregada nesta pesquisa, envolve experimentação com objetos reais que atuam como modelos. Já na simulação matemática os relacionamentos do sistema são expressos em fórmulas matemáticas.

A figura 1.1 sintetiza a abordagem e os métodos escolhidos para a realização dessa pesquisa.

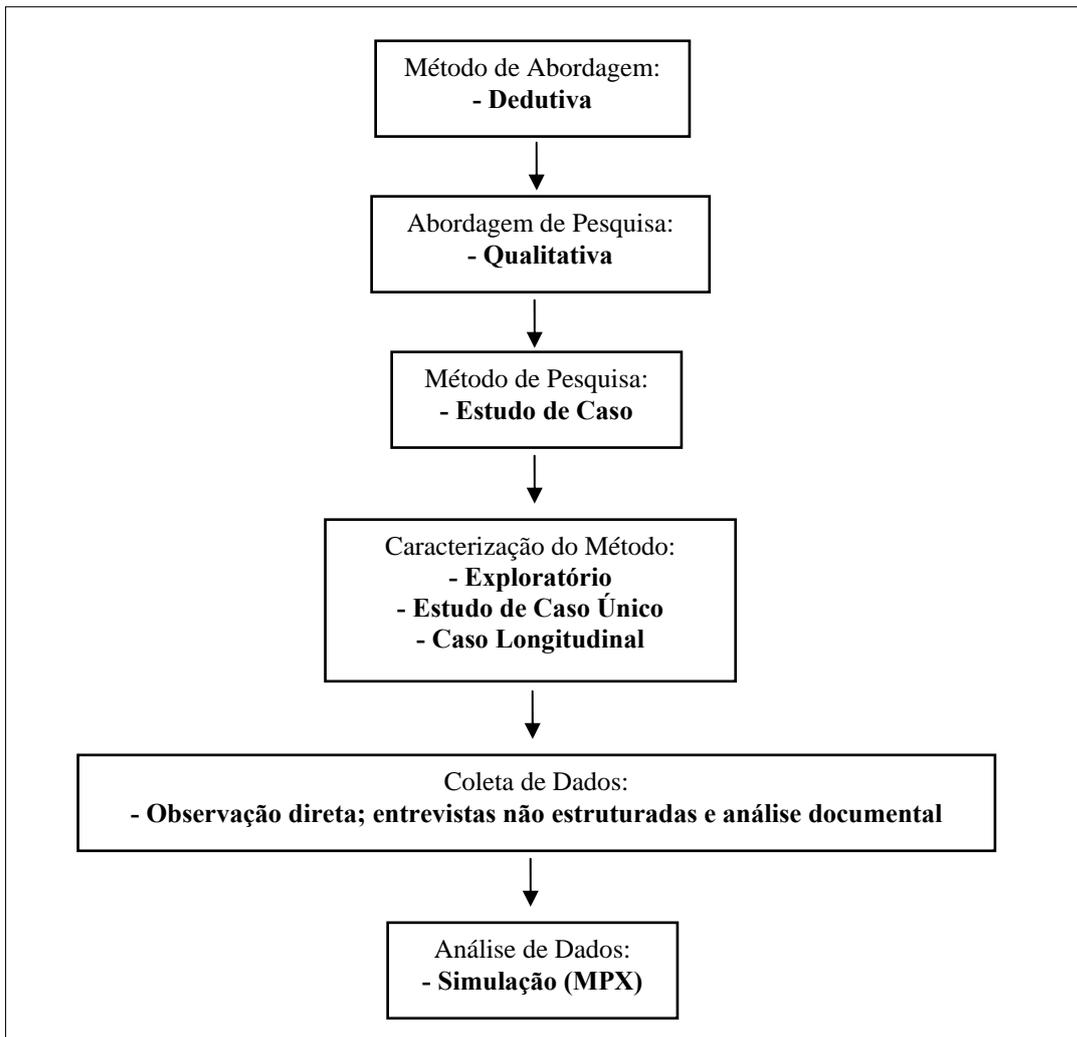


FIGURA 1.1: Síntese da metodologia de pesquisa adotada

Fonte: AUTOR

1.5 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação contém 7 capítulos, divididos da seguinte maneira:

- a) Primeiro capítulo: esse primeiro capítulo apresenta uma breve introdução sobre o tema estudado, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa para execução e os métodos de pesquisa escolhidos para desenvolvimento da pesquisa. O que se objetiva com este capítulo é a apresentação e a descrição da presente Dissertação;
- b) Segundo capítulo: esse capítulo aborda os Paradigmas Estratégicos da Gestão de Manufatura (PEGEMs), descreve seus objetivos e seus quatro elementos-chave. Além

disso, o capítulo aborda brevemente a MMA, ME, QRM, CM e MA e relaciona cada PEGEMs a seus *trade-offs*. A importância desse segundo capítulo para a pesquisa está relacionada principalmente à MR e, também, à oportunidade gerada pelo PEGEMs de estudar de forma conjunta esses seis paradigmas;

c) Terceiro capítulo: esse capítulo apresenta a evolução e a classificação dos trabalhos que abordam a redução do *lead time* dentro do contexto da Competição Baseada no Tempo (TBC), da Manufatura responsiva (MR) e do *Quick Response Manufacturing* (QRM). Isso proporciona uma estruturação sobre o tema estudado e, também, um maior conhecimento e comunicação entre os trabalhos existentes;

d) Quarto capítulo: esse capítulo descreve a abordagem do QRM e faz-se uma análise comparativa entre esta abordagem e a Manufatura Enxuta (ME). A partir disso, espera-se que o capítulo contribua para a divulgação e a motivação da aplicação do QRM;

e) Quinto e sexto capítulo: esses capítulos mostram o estudo de caso realizado em uma empresa do setor de materiais da escrita, o que possibilita analisar e quantificar, na prática, os benefícios da aplicação de alguns princípios e ferramentas do QRM;

f) Sétimo capítulo: o último capítulo tece algumas conclusões obtidas com a pesquisa desenvolvida nessa dissertação, oferecendo oportunidades para discussões e pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2: PARADIGMAS ESTRATÉGICOS DE GESTÃO DE MANUFATURA (PEGEMs)

2.1 INTRODUÇÃO

A importância do modelo de Paradigmas Estratégicos da Gestão de Manufatura (PEGEMs) para a pesquisa está relacionada, principalmente, à Manufatura Responsiva (MR) e à oportunidade gerada pelo modelo de estudar, de forma conjunta, os atuais paradigmas de gestão de sistemas da manufatura. Dessa forma, o presente capítulo objetiva contextualizar a MR dentro dos PEGEMs e descrever de forma sintetizada cada um dos paradigmas que formam esse modelo. Para que isso seja possível, o capítulo é estruturado da seguinte forma: a seção 2.2 descreve os objetivos dos PEGEMs e seus quatro elementos-chave, a seção 2.3 aborda brevemente a MMA, ME, QRM, CM e MA, a seção 2.4 relaciona os PEGEMs e seus *trade-offs*, e a seção 2.5 apresenta as considerações finais.

2.2 PEGEMs: OBJETIVOS E ELEMENTOS-CHAVE

O século XX é marcado por uma série de novos paradigmas da gestão de manufatura que buscam atender um mercado cada vez mais globalizado e exigente. O surgimento da Manufatura Enxuta (ME) dá início ao desenvolvimento desses paradigmas: Manufatura em Massa Atual (MMA), Manufatura Responsiva (MR), Customização em Massa (CM) e Manufatura Ágil (MA).

De acordo com Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2009), esses paradigmas podem ser estudados de uma forma conjunta para um maior entendimento, comparações e utilização prática. Com base nisso, os autores propõem um novo modelo que pretende abranger os atuais paradigmas de gestão que é denominado como: Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs). Nas palavras destes mesmos autores (2005b; 2009), PEGEMs são definidos como:

Modelos/padrões estratégicos e integrados de gestão, direcionados a certas situações do mercado, que se propõem a auxiliar as empresas a alcançarem determinado(s) objetivo(s) de desempenho. Estes paradigmas são compostos

de uma série de princípios e ferramentas, os quais possibilitam que a empresa, a partir de sua função manufatura, atinja tais objetivos, aumentando, desta forma, seu poder competitivo. (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b; 2009)

Todos os PEGEMs, quando estudados de forma conjunta, fornecem um aspecto estratégico à manufatura, já que cada paradigma é direcionado a determinados objetivos estratégicos. Além disso, uniformizam conceitos dentro da Gestão da Produção, possibilitando o aparecimento de análises comparativas e a aplicação adequada de cada paradigma (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b; 2009).

Este novo conceito, PEGEMs, é composto de uma série de direcionadores, objetivos de desempenho, princípios e capacitadores totalizando os quatro elementos-chave para o desenvolvimento de estudo e aplicação dos PEGEMs. A figura 2.1 ilustra esses quatro elementos-chave dos PEGEMs.



FIGURA 2.1: Os quatro elementos-chave de um Paradigma Estratégico de Gestão da Manufatura

Fonte: Godinho Filho e Fernandes (2005)

Os autores Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2009) esclarecem que os direcionadores são as condições do mercado e os desejos/necessidades dos clientes são os que facilitam ou requerem a aplicação de determinado PEGEM. A sua identificação permite que a empresa estabeleça quais objetivos de desempenho deseja priorizar. Isso significa propiciar uma vantagem competitiva para a empresa e, assim, posicioná-la estrategicamente em relação aos seus concorrentes. A partir disso, a empresa define algumas idéias relacionadas a estes objetivos que irão nortear ou direcionar as ações a serem tomadas. Já os capacitadores são

ferramentas, tecnologias ou métodos que viabilizam as idéias relacionadas à aplicação de um PEGEM.

Neste ponto, é importante observar três tipos de classificações empregadas nos elementos-chave dos PEGEMs sendo duas aplicadas aos capacitadores e uma aos objetivos de desempenho.

Em relação aos capacitadores, faz-se referência à classificação de sistema repetitivo adotado por Fernandes e MacCarthy (1999). Para esses autores, a repetitividade está associada ao volume e ao tempo total disponíveis de uma unidade produtiva. Isso significa que um item é considerado repetitivo se ele consome um percentual de tempo significativo do total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%) e um sistema de produção, se apresentar pelo menos, 75% dos itens de produção repetitivos. Já um sistema não repetitivo é aquele no qual pelo menos 75% dos itens não são repetitivos. O sistema semi-repetitivo apresenta 25% de cada item. A segunda está relacionada à estratégia de resposta à demanda que basicamente pode ser classificada em quatro formas básicas (SLACK *et al.*, 2002):

- a) *Engineering-to-order* (projeto sob encomenda): todas as etapas que envolvem a operação (compra, produção e entrega) são realizadas após a consolidação do pedido. Isso significa que o tempo visível ao consumidor é o maior quando comparado às outras quatro formas de resposta;
- b) *Make-to-stock* (fazer para estoque): acontece quando os processos de compra e de produção já foram realizados e apenas a entrega do produto é feita após a consolidação do pedido. Dessa forma, o tempo visível ao consumidor é muito pequeno, o menor das quatro formas de resposta analisadas;
- c) *Make-to-order* (fazer sob encomenda): apenas o processo de compra é realizado antes da venda;
- d) *Assembly-to-order* (montagem sob encomenda): os processos de compra e produção são realizados antes da consolidação do pedido, a montagem e a entrega são realizadas após.

No que se refere aos objetivos de desempenho, é importante identificá-los, uma vez que serão fontes para a relação entre os PEGEMs e seus *trade-offs* na seção 2.4. Segundo Slack *et al.*, (2002), os objetivos de desempenho da produção são cinco:

- a) Qualidade: esse objetivo significa “fazer certo as coisas”, ou seja, ter um desempenho de qualidade nas operações que leve à satisfação dos consumidores internos e externos. Aqui, é importante observar que as operações certas dependem de sua aplicação;

- b) Flexibilidade: esse objetivo de desempenho significa a capacidade que um sistema de produção tem para criar, mudar a forma, a quantidade, o prazo e a maneira como faz. Isso representa o quanto a empresa está apta a lidar com as variáveis do seu sistema;
- c) Rapidez: esse representa o tempo que os clientes precisam esperar para o recebimento de seus produtos e a velocidade do sistema de produção para responder às flutuações no volume da demanda. A redução neste tempo enriquece a oferta, já que, quanto mais rápido o produto estiver disponível ao cliente, mais provável é sua venda;
- d) Pontualidade/Confiabilidade: o presente objetivo está associado à entrega do produto no prazo estabelecido e, somente pode ser definido após sua entrega;
- e) Custo: quanto menor o custo de produção, menor o preço de venda. A redução dos custos depende diretamente de onde estes custos estão inseridos.

A análise destes objetivos permite a subdivisão de dois deles, dando origem a quatro objetivos (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b; 2009):

- a) Qualidade 1: essa primeira variação está relacionada à realização das operações em termos de adequação ao uso;
- b) Qualidade 2: essa segunda variação da qualidade está associada à realização das operações em termos de desempenho e conformidade a um preço aceitável e abordagem de valor;
- c) Flexibilidade 1: essa primeira variação representa pequenas mudanças nos produtos, que estão associadas a uma gama limitada dos mesmos. As mudanças aqui descritas não interferem de forma significativa no tempo de *set up* do processo e se referem à mudança de curto prazo;
- d) Flexibilidade 2: essa segunda variação representa grandes mudanças nos produtos, o que leva a grandes mudanças nos tempos de *set up*. Essa situação é administrada pelo uso de equipamentos universais, versáteis e de mão-de-obra também versátil.

Além destes, os mesmos autores (2005b; 2009) identificaram mais três objetivos de desempenho que estão diretamente associados à caracterização dos PEGEMs:

- e) Produtividade: o objetivo está associado à habilidade de satisfazer a demanda dos consumidores a um baixo custo;
- f) Customabilidade: esse significa a possibilidade de reconstruir o processo para atender às necessidades dos clientes, o que representa uma amplitude de mudanças maior que a flexibilidade 2;
- g) Adaptabilidade: o objetivo representa a capacidade do sistema em sobreviver em ambientes com grandes inovações tecnológicas e criação de produtos inéditos.

Dessa forma, é possível constatar que o conceito de PEGEMs utiliza-se de nove objetivos de desempenho: qualidade 1 e 2, flexibilidade 1 e 2, pontualidade, custo, produtividade, customabilidade, e adaptabilidade.

Além da apresentação desses nove objetivos de desempenho, outra forma especialmente útil de determinar a importância relativa desses fatores competitivos nas empresas é a classificação de Slack *et al.* (2002) que os dividem em duas categorias principais:

- a) Objetivos de desempenho ganhadores de pedidos: são considerados, pelos clientes, como razões-chave para comprar determinado produto ou serviço, o que significa que aumentar o desempenho desses objetivos resulta em uma maior probabilidade de aumentar as vendas;
- b) Objetivos de desempenho qualificadores de pedidos: os objetivos dessa categoria não permitem ganhar mais pedidos, pois já são esperados pelos clientes. A sua ausência, porém, pode acarretar em grandes desvantagens competitivas para a organização, podendo gerar a diminuição das vendas.

2.3 OS PARADIGMAS QUE FORMAM OS PEGEMs

A presente seção apresenta brevemente cada um dos PEGEMs especificando suas origens, seus principais conceitos e objetivos de desempenho.

2.3.1 Manufatura em Massa Atual

Os problemas enfrentados pela produção artesanal foram superados pela Manufatura em Massa (MM), proposta por Henry Ford em 1913. A chave para esse paradigma está nas intercambiabilidades das peças, associadas às suas simplicidades. Tais características garantiram a Ford duas grandes vantagens competitivas que forma a alta produtividade e o baixo custo (WOMACK *et al.*, 1992). A empresa *Ford* era capaz de produzir, utilizando 473 funcionários, um chassi de automóvel a cada hora e trinta minutos, o que representa um enorme avanço quando comparado a produção artesanal (WILD, 1972).

Tais vantagens competitivas obtidas pelo paradigma garantiram a excelência da empresa Ford até 1950. No final desse ano, outras importantes empresas como a Wolfsburg (VW), Flins (Renault) e Mirafiori (Fiat) já estavam produzindo em uma escala comparável a de Ford.

Para agravar essa situação da MM, na década de 70, ocorreram intensas reivindicações trabalhistas que exigiam maiores salários e menores jornadas de trabalho, o que impactou ferozmente na política de baixos custos adotadas por Ford. Esses problemas somados ao surgimento da ME criaram um cenário de estagnação que, de acordo com os autores Womack *et al.* (1992), deu início ao declínio da MM.

Para os autores Wentz (1999) e Duguay *et al.* (1997), o fim da aplicação da MM ocorreu bem antes, já no início do Sistema Toyota, em 1950. Esses autores afirmam que, nesse ano, a MM mostrava os primeiros sinais obsoletos frente às novas necessidades do mercado: maior qualidade e variedade de produtos (flexibilidade 2). Isso significa que as empresas não mais podiam confiar na MM para planejar, organizar e controlar seus negócios.

Já os autores Pine (1993) e Lau (1995) confrontam estas afirmações, observando que ainda é imatura a predição do término da MM, mesmo nos dias atuais. Eles acreditam que basear o planejamento da empresa na economia de escala e em algumas de suas vantagens ainda seja uma estratégia interessante para algumas empresas.

Os autores Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2009) também compartilham as idéias de Pine (1993) e Lau (1995), uma vez que evidenciam em seus estudos a aplicação desse paradigma em empresas da atualidade. Tais evidências apontam para sua longevidade, porém os autores observam algumas modificações desde seu surgimento, no início do século XX:

- a) Redução do nível de verticalização;
- b) Redução no ciclo de vida do produto;
- c) Busca por pequenas diferenciações nos produtos;
- d) Adaptações na forma de agir dos funcionários que passam a ser mais participativos e pró-ativos.

Estas atuais modificações apontam para sutis diferenciações no paradigma, MM, as quais são denominadas por Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2006) como Manufatura em Massa Atual (MMA).

De forma sintetizada, é possível, com base nos estudos dos autores citados acima, definir importantes características sobre os direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho da MMA.

Dessa forma, a MMA deve ser aplicada a um mercado homogêneo, cujos clientes entendam que o preço é o principal diferencial competitivo.

As idéias que norteiam a empresa rumo aos objetivos de desempenho devem englobar a alta especialização dos funcionários, produtos padronizados com pequenas diferenciações, foco na eficiência operacional e produtividade.

As ferramentas e técnicas empregadas devem fazer uso da economia de escala, de ambientes de produção em massa, de roteiros de produção estritamente fixos e inflexíveis, de estratégia de resposta à demanda do tipo *make-to-order*, de peças intercambiáveis e de linha de produção cadenciada.

Por fim, os objetivos de desempenho ganhadores de pedidos das empresas que buscam aplicar a MMA devem estar associados à alta produtividade e, também, apresentar a qualidade 1 e flexibilidade 1 como objetivos qualificadores. Os últimos objetivos, qualidade 1 e flexibilidade 1, são evidenciados nesse paradigma, uma vez que a MMA deseja certa diferenciação em termos de produtos, sendo esta a principal diferença entre a MMA e a MM.

A figura 2.2 sintetiza os principais direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho da MMA.

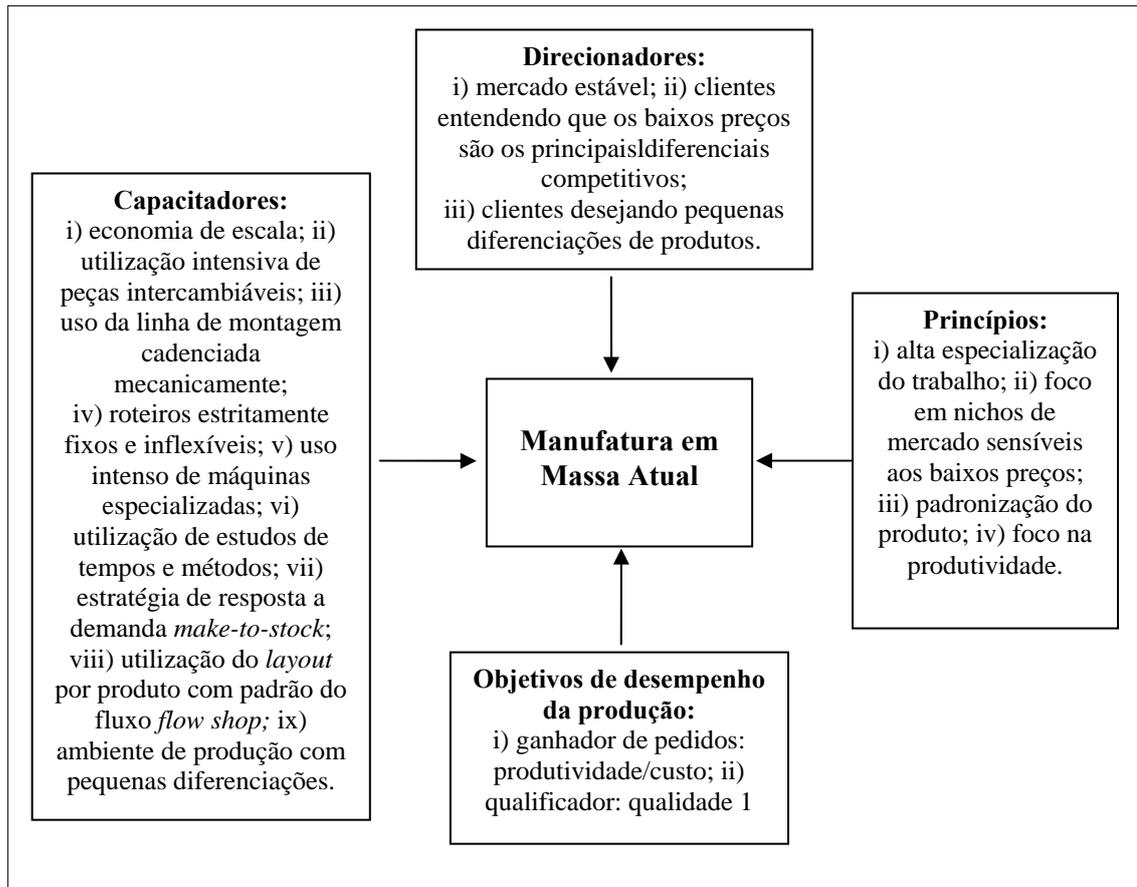


FIGURA 2.2: Configuração dos quatro elementos-chave da Manufatura em Massa Atual

Fonte: Godinho Filho e Fernandes (2006)

A identificação dos quatro elementos-chave da MMA, mostrados na figura 2.2, permite um maior entendimento do paradigma. Isso aumenta o sucesso de sua aplicação, já que o paradigma ainda é utilizado nos dias atuais.

2.3.2 Manufatura Enxuta

Nessa seção, os principais direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho da Manufatura Enxuta (ME) são sintetizados em 12 conceitos-chave que serão fonte para uma análise comparativa a ser realizada no capítulo 4.

Antes da descrição dos 12 conceitos-chave, é importante descrever a origem da ME, a qual está relacionada à visita do engenheiro Eiji Toyoda às instalações da indústria de automóveis da Ford, em 1950. Nessa visita, o jovem engenheiro buscou mecanismos para fortalecer a indústria de automóveis da Toyota que começava a recuperar seu vigor. Após três

meses de permanência de Toyoda na indústria Ford, o engenheiro retorna a seu país e, juntamente com seu especialista de produção, Taiichi Ohno, concluem que a MM não responderia bem às necessidades do mercado japonês. A partir dessa constatação, surge o Sistema Toyota de Produção (STP), denominado no ano de 1990 como Manufatura Enxuta (ME). De acordo com Womack e Jones (1998), foram Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, que perceberam a necessidade de eliminar os custos financeiros dos imensos estoques de peças acabadas que os sistemas de produção em massa exigiam. Sendo assim, possibilitaram a criação desse novo paradigma de gestão da manufatura.

Este paradigma, ME, objetiva a eliminação de desperdícios em todos os aspectos das atividades de produção de uma empresa: relações humanas, relações com fornecedores, tecnologia e gestão de materiais e estoques. Ressaltando que desperdício, como definido pelo presidente da Toyota, Fujio Cho, é “qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e trabalhadores (tempo de trabalho) que não são absolutamente essenciais à produção” (CHASE *et al.*, 2006).

Para atingir tais objetivos, a ME utiliza-se de uma ampla variedade de princípios e métodos de gestão que foram elencados em 12 conceitos-chave por meio de uma revisão da literatura sobre o tema, como, por exemplo, em: Henderson e Larco, 2000; Liker, 2005; Rother e Shook, 1998; Womack e Jones, 1998; dentre outros. A partir dessas leituras, foi elaborado um resumo dos princípios e ferramentas mais citados na literatura a respeito da ME para a área de produção. Os conceitos elencados para esse estudo são:

- a) Gestão focada na eliminação de desperdícios: os autores Chase *et al.* (2006) afirmam que é possível identificar sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados, tais como, superprodução, tempo de espera, transporte, estoque, movimento e produtos defeituosos. O primeiro passo para a eliminação desses desperdícios é determinar o valor para o cliente. Womack e Jones (1998) observam que o valor é criado pelo produtor e definido, somente, pelo cliente final. Dessa forma, o valor só se torna significativo quando expresso em termos de um produto específico que atenda as necessidades dos clientes a um preço específico em um momento específico;
- b) Estabelecimento do fluxo contínuo: Liker (2005) destaca que a importância do fluxo contínuo se justifica pela total visibilidade do processo, o que permite rápida percepção de problemas e a necessidade emergente de sua solução imediata. O autor completa dizendo que o fluxo contínuo é o centro da mensagem enxuta, pois estabelece que a redução do intervalo de tempo entre a matéria-prima e os produtos específicos leva a uma maior qualidade, a um menor custo e a um menor preço. Rother

- e Shook (1998) observam que a idéia de fluxo contínuo é realizada pela ME por meio do fluxo unitário (*one piece flow*) e/ou do método *Kanban* que estabelece a conexão das operações de produção. Neste ponto, é importante destacar o *takt-time* que sincroniza o ritmo de produção com a velocidade das vendas. Este também deve ser implementado em um ambiente da ME;
- c) Alteração na gestão de recursos humanos: a ME defende a utilização de uma série de métodos/ferramentas a fim de alterar a forma de gestão dos funcionários da empresa. De acordo com Henderson e Larco (2000), a delegação de responsabilidades (*empowerment*) e o trabalho em equipe (*times*) possibilitam que as decisões sejam tomadas por pessoas que estão mais próximas do problema, de forma a solucioná-los mais rapidamente e/ou melhorar os processos e descentralizar a gestão de controle. Isso oferece autoridade suficiente para que o operador pare o processo produtivo caso identificar algo que não esteja previsto. Tais atividades estão relacionadas à capacidade multifuncional dos trabalhadores (*cross-trained*), desenvolvida pela mentalidade enxuta, que permite a intercambialidade do trabalhador em diferentes funções, utilizando, assim, sua capacidade plena;
- d) Utilização de métodos para atingir o Zero Defeito (*seis sigma e poka-yoke*): o foco na qualidade é uma das características da ME. Isso pode ser visto nas inúmeras ferramentas utilizadas para a redução do número máximo de defeitos (Zero Defeitos), tais como *Seis Sigma* e *Poka-Yoke*. De acordo com Chase *et al.* (2006), *Seis Sigma* refere-se a um conjunto de filosofias e métodos que as empresas utilizam para atingir o Zero Defeito em seus processos e produtos, tendo como base a análise estatística, que auxilia na descrição de um processo em termos de sua variabilidade. Um processo que esteja sobre o controle do *Seis Sigma* produzirá não mais do que quatro defeitos por milhão de unidades. Neste ponto, observa-se a importância do conceito *Poka-Yoke* (*mistake proofing*, à prova de erros), cujos produtos e processos são projetados de forma a eliminar qualquer possibilidade prevista de defeitos (HENDERSON e LARCO, 2000);
- e) Redução do tamanho de lote: na ME, o ideal é produzir lotes de uma unidade (*one piece flow*), o que muitas vezes, na prática, é inviável economicamente. Diante disso, busca-se reduzir ao máximo o tamanho dos lotes, objetivando aumentar a qualidade e a flexibilidade, assim como a redução dos estoques (LIKER, 2005);
- f) Manutenção Produtiva Total (TPM): a interrupção do processo produtivo em decorrência da quebra de um equipamento inviabiliza o conceito de fluxo contínuo.

Neste contexto, destaca-se a Manutenção Produtiva Total (TPM) que visa reduzir, ou até mesmo eliminar, as quebras de máquinas. Para alcançar este objetivo, a TPM vai além de uma forma de se fazer manutenção tornando-se uma filosofia gerencial que se apóia em três princípios: melhoria das pessoas, melhoria dos equipamentos e qualidade total (MARTINS e LAUGENI, 2006);

- g) Redução do *Set up*: tempos improdutivos que não agregam valor ao produto, tais como os tempos de preparação (*set up*), geram perdas de produtividade e, de acordo com a ME e devem ser eliminados. Para Martins e Laugeni (2006), baixos tempos de preparação resultam em menores estoques e menores tempos de ciclos. Dessa forma, a redução do tempo de preparação é um dos pontos chave da ME, pois, com tempos de preparação mais curtos e um menor número de peças em processo, o sistema se torna mais flexível às mudanças na demanda do produto final;
- h) Utilização da Manufatura Celular (MC) e da Tecnologia de Grupo (TG): a célula produtiva especializa-se em produzir famílias de peças, de forma a operacionalizar o conceito de Manufatura Celular (MC) e auxiliar a aplicabilidade do fluxo contínuo. De acordo com Groover (2001), a Tecnologia de Grupo (TG) é uma filosofia da manufatura em que peças similares são identificadas e agrupadas em famílias de peças e cada produto da família possui projetos e/ou características de manufatura similares;
- i) Utilização da Produção Puxada e *Just-in-Time* (JIT): a idéia da Produção Puxada (*pull*) pressupõe que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente o solicite (WOMACK e JONES, 1998). De acordo com Liker (2005), puxar significa o estado ideal de fabricação *Just-in-Time* (JIT), ou seja, oferecer ao cliente (que pode ser caracterizado pelo processo seguinte) o que ele quer, quando o quer e na quantidade que deseja. A forma mais pura de um sistema puxado é o fluxo unitário, porém isso nem sempre é possível, ocasionando a formação de estoques intermediários (WIP). Nesses casos, a ME defende a utilização do sistema *Kanban* para controlar a produção e evitar a superprodução, viabilizando a Produção Puxada;
- j) Identificação da cadeia de valor e mapeamento do fluxo de valor: de acordo com Porter (1986), a cadeia de valor pode ser definida como todas as atividades executadas por uma organização. Estas podem ser reunidas em quatro grupos principais: relacionamento com fornecedor, produção, relacionamento com cliente e desenvolvimento de produto. A identificação da cadeia de valor, como observa Womack e Jones (1998), expõe quantidades enormes de desperdícios. Sua análise quase sempre identifica três tipos de atividades: as que criam valor; as que não criam

valor, porém, são inevitáveis com as atuais tecnologias de produção e as atividades que não criam valor e que podem ser evitadas imediatamente. A ferramenta para se realizar isso é o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM- *value stream mapping*), que objetiva entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue a cadeia de valor. Rother e Shook (1998) observam que, por meio da prática do mapeamento do fluxo de valor, é possível aprender a enxergar o chão-de-fábrica de tal modo que seja possível apoiar a ME implementando fluxos que agreguem valor;

- k) Busca pela perfeição: todas as empresas que buscam a perfeição, ou seja, melhorar cada vez mais suas atividades, precisam utilizar os dois tipos de melhoria: radical e contínua. Os autores Slack *et al.* (2002) definem a melhoria radical, também conhecida como revolucionária, como uma estratégia de mudanças drásticas e de rápidos resultados que possibilitam o reprojeto fundamental do processo por meio da reengenharia do processo (BPR- *business process re-engineering*). Em contra partida, a Melhoria Contínua (CI - *continuous improvement*), também conhecida como *Kaizen*, é menos drástica e mais lenta, de forma a trabalhar conceitos culturais, prezando não só por resultados momentâneos, mas sim pela manutenção da melhoria implantada e o momento de mudança;
- l) Gerenciamento visual: Henderson e Larco (2000) ressaltam que a fábrica enxuta é uma fábrica visual, em que gráficos e quadros são usados para manter os trabalhadores informados sobre seus indicadores de desempenho, refugo e qualidade, entre outros, além de oferecer instruções de operações e procedimentos nos locais onde as atividades são executadas. Liker (2005) cita que o controle visual auxilia os trabalhadores que desejam fazer um bom trabalho a verem imediatamente, como o estão executando. Dessa forma, o gerenciamento visual garante a rápida execução e o acompanhamento de operações e processos.

Além destes conceitos, princípios e ferramentas que caracterizam o paradigma, Shah e Ward (2002) definem a ME como uma abordagem multidimensional em que o ponto fundamental é a sinergia entre seus princípios e métodos de forma a criar um sistema de alta qualidade que fabrique produtos no ritmo que o cliente deseja e sem desperdícios.

Womack e Jones (1998) ressaltam que a ME é uma nova abordagem que objetiva uma forma de melhor organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção. Dentro desta abordagem, tenta-se cada vez mais com cada vez menos (menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo, entre outros fatores). Neste ponto, cabe destacar

que a ME não é um paradigma adequado a um mercado turbulento e instável, visto que o sucesso de alguns de seus princípios e métodos está relacionado à repetitividade dos sistemas de produção, de forma a garantir o fluxo equilibrado de trabalho com um mínimo de estoque em processo (CHASE *et al.*, 2006). Godinho Filho e Fernandes (2006; 2009) complementam que, além de caracterizar um mercado estável, a ME é direcionada aos clientes que desejam qualidade, baixos custos e diferenciação de produtos (pequena variedade de produtos alternativos bastante similares), não sendo apropriado a mercados que desejam responsividade, customabilidade e agilidade.

2.3.3 Manufatura Responsiva

O *Quick Response Manufacturing* (QRM) é uma abordagem utilizada para atingir o paradigma da Manufatura Responsiva (MR). Esse paradigma, também denominado Competição Baseada no Tempo (TBC), foi proposto primeiramente por Stalk e Hout em 1990. No entanto, o conceito de TBC já estava sendo discutido nos anos de 1988 e 1989 por importantes autores, tais como: Schmenner, 1988, Bower e Hout, 1988, Stalk, 1988, Stlak e Istvan, 1989 que destacavam a importância de utilizar o tempo como vantagem competitiva.

Segundo o autor Booth (1996), essa nova gestão de manufatura enfatiza a redução no tempo de desenvolvimento do produto e no tempo de produção como fatores vitais para o aumento da competitividade da empresa. Isso significa que os direcionadores da MR e, conseqüentemente, do QRM são ambientes que valorizam a responsividade (flexibilidade, velocidade e pontualidade) e a customabilidade. Os autores Fernandes e MacCarthy (1999) completam mostrando que a responsividade a ser atingida pela MR está relacionada à busca pela redução do *lead time* em um ambiente com alta variedade de produtos, o que representa o seu principal objetivo de desempenho.

Já os autores Godinho Filho e Fernandes (2006; 2009) ressaltam a importância de identificar e enfatizar os clientes que priorizam a diversidade de produtos, que sejam sensíveis ao tempo de resposta e ao cumprimento dos prazos. Stalk e Hout (1990) observam a adoção do tempo como foco da gestão estratégica e da gestão administrativa como o mais importante princípio da MR. Além disso, os autores apontam para a necessidade da empresa em estabelecer um ritmo de inovação em seus setores produtivos e assim atingir a flexibilidade desejada.

No que se refere aos capacitadores, tem-se como principal ferramenta a adoção do tempo como medida de desempenho. Para isso, Stalk e Hout (1990) apontam as mais significativas medidas de desempenho que podem ser adotadas dentro de quatro importantes setores da empresa:

- a) Com relação ao desenvolvimento do produto: nesse setor está a medida de desempenho relacionada ao tempo decorrido da concepção até o mercado, denominado *time-to-market*;
- b) Com relação à produção: nesse setor podem ser adotadas as seguintes medidas de desempenho: tempo de ciclo, nível de estoque e diagrama de valor agregado;
- c) Com relação à tomada de decisão: nesse setor tem-se: o tempo do ciclo da decisão e o tempo perdido por espera de decisão;
- d) Com relação ao grau de atendimento ao cliente: esse setor pode englobar as seguintes medidas de desempenho: tempo de resposta, pontualidade nas entregas e *lead time* dos produtos.

Já os capacitadores a serem adotados podem ser: o TPM, a redução do *set up* e a tecnologia de grupo que serão explorados no capítulo 4 pelo QRM.

2.3.4 Customização em Massa

O termo Customização em Massa (CM) surgiu em 1987 com Stanley Davis em seu livro *O futuro perfeito*, porém, sua aplicação ocorreu apenas no século XXI (KOTHA, 1995; PINE, 1993, dentre outros).

De acordo com Da Silveira *et al.* (2001), a CM pode ser definida como “[...] a habilidade de uma empresa em fornecer aos clientes produtos e serviços customizados em um alto volume, a preços razoáveis utilizando para isso uma altíssima flexibilidade do processo”. Pine (1993) completa afirmando que “CM significa fornecer variedade de produtos e serviços de tal forma que os clientes encontrem exatamente o que eles desejam a um preço razoável”.

Além destas duas definições, o entendimento desse paradigma também pode ser feito por meio da definição dos quatro elementos-chave dos PEGEMs (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b; 2009). Em relação ao direcionador favorável a esse paradigma, tem-se que é necessário a empresa buscar algo diferente como fonte de vantagem competitiva, o

que é possível pela customização de produtos de acordo com as necessidades e desejos dos clientes.

Já os princípios que nortearam a CM devem ser: atender uma demanda fragmentada em diversos desejos e necessidades, propiciar a participação do cliente ao longo das etapas do ciclo de vida da produção, estabelecer preços um pouco acima da média para compensar a perda de eficiência, e estar apto a utilizar módulos padrões para a produção.

Em relação ao terceiro elemento-chave, os capacitadores, têm-se: o uso da tecnologia de informação (TI) voltada à customização (CAD, CAM, FMS, dentre outros), visando estreitar a relação cliente-empresa, a utilização da estratégia de resposta à demanda *engineering-to-order* e um ambiente de produção não repetitivo.

Por fim, a CM enfatiza, como objetivo de desempenho, a customabilidade, visando entregar produtos de acordo com os requisitos do cliente dentro de sua linha de produção. Isso significa que a customização é limitada pelo *mix* de produtos ofertados pela empresa, porém adaptável às necessidades e desejos de seus clientes.

2.3.5 Manufatura Ágil

A agilidade como conceito de manufatura foi proposta em 1991 por um grupo de professores do Instituto de Iaccoca da Universidade de Lehigh, nos Estados Unidos, (YUSUF *et al.*, 1999). De acordo com os autores Cho *et al.* (1996), a Manufatura Ágil (MA) pode ser definida como “[...] a capacidade da empresa sobreviver e prosperar em um ambiente de contínuas e inesperadas mudanças”. Essa definição é completada por Da Silveira *et al.* (2001) que estabelece como critério de sucesso à MA o comportamento proativo da empresa.

Os principais pontos das definições de importantes autores, tais como: Goldman *et al.* (1995) e Booth (1996), podem ser sintetizados pelos seguintes conceitos:

- a) Produtos altamente customizados e com alta qualidade;
- b) Aplicação de diversas tecnologias;
- c) Resposta rápida para mudanças e incertezas.

Além destes, Owen e Kruse (1997) distinguem outros dois importantes conceitos associados à agilidade. O primeiro deles está associado à agilidade interna que representa a habilidade em responder rapidamente a demanda do mercado para novos produtos e/ou características de produtos já existentes. Segundo Jagdev e Browne (1998), essa

agilidade é obtida por meio de um sistema de produção reprogramável e reconfigurável apto a contínuas mudanças e capaz de operar economicamente com lotes pequenos. Já o segundo, conceito refere-se à agilidade externa que está associada ao conceito de empresa virtual. De acordo como Gorason (1999), as empresas virtuais representam a agregação de unidades menores que se unem para explorar alguma oportunidade de negócio e agem como se fossem uma única empresa. Neste ponto, é importante observar que nem todas as empresas virtuais são ágeis, visto que, para uma empresa virtual ser ágil, sua formação deve ocorrer com o intuito de se dissolver e se reconfigurar sempre que necessário, ou seja, o objetivo da união dessas empresas é a criação de um produto ou serviço e não uma de empresa.

Os autores Song e Nagi (1997) resumem os principais pontos que caracterizam uma empresa como virtual. Estes pontos são: a orientação para o produto; o estilo colaborativo; as relações de curto prazo; a velocidade; e a flexibilidade.

Além desses pontos e das definições apresentadas, os quatro elementos-chave dos PEGEMs auxiliam no entendimento e aplicação da MA (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b; 2009).

Os direcionadores apontam para um mercado totalmente imprevisível marcado por mudanças bruscas, cujos clientes apresentam desejos diversos e mutáveis. O princípio mais importante da MA está relacionado ao domínio das mudanças e incertezas e, também, à drástica redução no ciclo de vida dos produtos.

As ferramentas e técnicas a serem adotadas na MA devem estar aptas a um ambiente de produção não repetitivo, a empresas virtuais, à integração na cadeia de suprimentos voltada às parcerias virtuais, ao uso intenso de tecnologias que propiciem essa parceria (EDI, internet) e a sistemas de projeto voltados a constantes mudanças.

Por fim, tem-se que o objetivo de desempenho principal está focado na agilidade, visando oferecer soluções aos clientes. Isso implica na busca de produtos fora de sua linha, o que gera grandes mudanças nas linhas e, em muitos casos, até sua reconfiguração.

Para uma análise mais aprofundada das semelhanças e diferenças entre CM e MA ver Godinho Filho e Fernandes (2005a).

2.4 Os PEGEMs e seus *trade-offs*

O entendimento do que são os *trade-offs* da produção e sua aplicação nos paradigmas estudados são centrais para o sucesso dos PEGEMs. Basicamente, a lógica fundamental dos *trade-offs* é de que uma operação não pode atingir um desempenho excelente em todos os objetivos de desempenho. Dessa forma, a gerência deve elencar quais objetivos de desempenho são fundamentais para o sucesso de sua empresa (CHASE *et al.*, 2006).

Esta opinião é suportada por outros autores como Hayes e Wheelwright (1984); Miller (1983); e, Skinner (1969). O autor Corrêa *et al.* (1993) completa: “[...] as prioridades competitivas da manufatura são estabelecidas porque um sistema de manufatura não pode ser o melhor em todos os aspectos ao mesmo tempo”.

Os *trade-offs* mais comuns se apresentam entre os seguintes objetivos de desempenho (CHASE *et al.*, 2006):

- e) Pontualidade e produtividade: empresas que optam por focar na velocidade de entrega não conseguem dar a mesma ênfase na produtividade;
- f) Custo e flexibilidade 2: uma estratégia de baixo custo não é compatível à flexibilidade 2;
- g) Qualidade 2 e custo: a alta qualidade também é vista como *trade-off* do custo.

Dessa forma, fica clara a necessidade de as empresas elecarem suas prioridades competitivas, ainda que essas não precisem ser estáticas. Essa idéia é defendida por Slack (1993), que apresenta a visão do *trade-offs* dinâmicos entre os objetivos de desempenho por meio da sua idéia de mover o “pivô”, ou seja, mudar o objetivo de desempenho da empresa de acordo com a necessidade do mercado.

Com base nesses conceitos de *trade-offs* e nos estudos de Fernandes e MacCarthy (1999), os autores Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2009) desenvolveram um modelo que relaciona os principais *trade-offs* de cada PEGEMs. Isso facilita a aplicação dos paradigmas e auxilia na diferenciação entre eles. A figura 2.3 mostra este modelo.

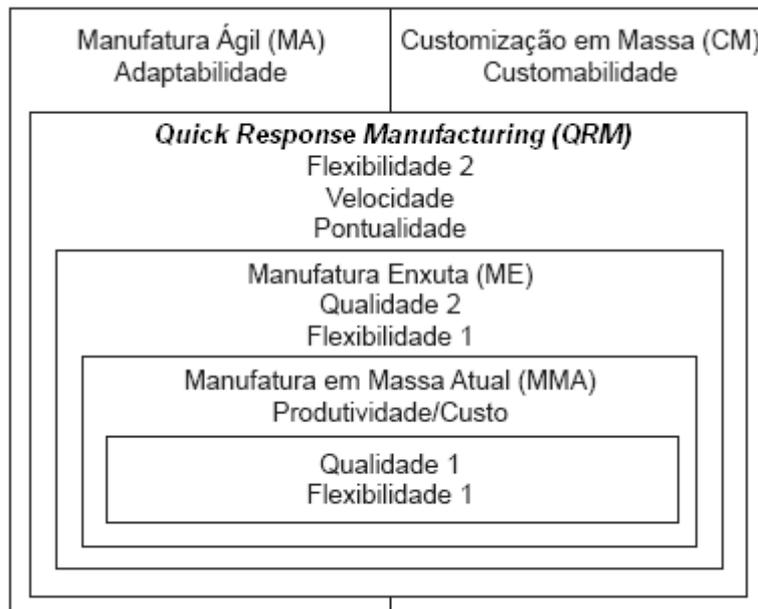


FIGURA 2.3: Modelo de relacionamento dos PEGEMs e seus objetivos de desempenho estratégico

Fonte: Godinho Filho e Fernandes (2005b)

A figura 2.3 mostra o relacionamento dos cinco PEGEMs com seus *trade-offs*, o que permite a análise de cada um dos paradigmas onde os objetivos ganhadores de pedidos aparecem logo abaixo do nome do PEGEM e os qualificadores ficam nos retângulos internos. Isso permite identificar os principais *trade-offs* de cada um dos PEGEMs.

A MMA tem como objetivo ganhador de pedido a produtividade e o custo, no entanto, existe a preocupação com dois outros objetivos qualificadores de pedidos: a qualidade 1 e a flexibilidade 1. Essa última representa a principal diferença entre a MM, conforme já discutido anteriormente.

Já o paradigma da ME surgiu no momento em que o Japão buscava uma vantagem competitiva sobre a MM de Ford. A saída encontrada foi explorar a qualidade 2 como objetivo ganhador de pedido. A produtividade e o custo estão em um nível menor de importância, em razão dos *trade-offs*.

O QRM enfatiza a responsividade que representa a soma da flexibilidade 2, mais a velocidade e a pontualidade. Essas prioridades são reflexos da origem do paradigma, a TBC. Diante dessa ênfase, é impossível dar à atenção a qualidade 1 e 2 e à produtividade.

A CM representa a necessidade de produzir um item personalizado em grande escala, o que significa o extremo da flexibilidade 2. Esse enfoque limita o nível de importância que a empresa deve desprender com os objetivos de qualidade, produtividade e tempo de resposta.

Por fim, a MA surge em função da necessidade de inovação dos produtos e serviços, mas sua viabilidade só é possível pelo surgimento de novas tecnologias e, clientes dispostos a adquirir e pagar por tais inovações. Nesse contexto, é possível identificar a necessidade das empresas serem totalmente, ou quase totalmente, desverticalizadas e a necessidade em substituir os seus parceiros conforme o segmento de produtos a serem projetados. Isso revela a adaptabilidade como o objetivo de ganhador de pedidos e os demais, como qualificadores.

2.5 Considerações Finais

O presente capítulo apresentou os Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs) que é apresentado com um novo conceito dentro da Gestão da Produção criado, por Godinho Filho e Fernandes (2005b; 2009). Esse conceito é formado pelos principais paradigmas de gestão da manufatura surgidos no século XX: MMA, ME, MR, CM e MA, em que se destaca a MR.

A criação deste novo conceito foi consolidada pelos quatro elementos-chave identificados em cada um dos paradigmas: direcionadores; princípios; capacitadores; e, objetivos de desempenho. Além disso, a relação entre os PEGEMs e seus objetivos de desempenho foi explorada, o que contribuí para o entendimento dos *trade-offs* existentes em cada um deles.

Dessa forma, o capítulo cumpre com seu objetivo de apresentar e esclarecer o conceito dos PEGEMs, bem como contextualizar a MR dentro desse novo conceito. Nesse ponto, é importante destacar a importância da MR para a abordagem QRM, uma vez que esta abordagem surgiu para atingir a MR.

CAPÍTULO 3: CLASSIFICAÇÃO DE TRABALHOS SOBRE REDUÇÃO DO *LEAD TIME* - DA COMPETIÇÃO BASEADA NO TEMPO (TBC) AO *QUICK RESPONSE MANUFACTURING* (QRM)

3.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo objetiva uma revisão bibliográfica sobre os trabalhos que abordam a redução do *lead time* dentro do contexto da Competição baseada no Tempo (TBC), também denominada Manufatura Responsiva (MR), e do *Quick Response Manufacturing* (QMR). Essa revisão bibliográfica busca ser a mais ampla possível sobre redução do *lead time*, tentando abranger o maior número de trabalhos sobre o tema nos mais importantes periódicos nacionais e internacionais da área de Gestão da Produção.

Segundo Rowley e Slack (2004), uma revisão bibliográfica sumariza o estado da arte do assunto em questão, apoiando a identificação do tópico de pesquisa, a questão ou a hipótese. Dessa forma, a revisão contribui para a contextualização de uma pesquisa dentro de um universo de trabalhos já existentes na área, construindo para o entendimento de conceitos teóricos e terminologias.

A partir desta revisão bibliográfica, o presente estudo também desenvolve um método para classificar os trabalhos pesquisados. Esse método é composto dos seguintes critérios: abordagem de pesquisa adotada, método de pesquisa utilizado, abrangência, princípios e ferramentas utilizados e contribuições. Além disso, pretende-se estabelecer uma perspectiva temporal dos trabalhos pesquisados desde o período de 1988 (ano em que surgiram os primeiros estudos sobre o TBC), passando por 1998 (ano em que o QRM foi proposto por Suri) até 2008 (investigando e explorando novas técnicas e aplicações).

Para atingir esses objetivos, o presente capítulo é estruturado da seguinte forma: a seção 3.2 descreve os passos seguidos na presente revisão, a seção 3.3 apresenta o método de classificação proposto, a seção 3.4 classifica os trabalhos, a seção 3.5 estrutura a revisão da literatura sobre a redução de *lead time* no contexto da TBC/MR e do QRM, a seção 3.6 realiza análises quantitativas e qualitativas sobre os resultados da pesquisa, e, por fim, a seção 3.7 tece algumas considerações finais.

3.2 OS PASSOS DA PRESENTE PESQUISA

Este capítulo realiza uma revisão e classificação dos estudos sobre redução do *lead time* no contexto do TBC/ MR e do QRM. Para isso, é utilizada como modelo a estrutura metodológica proposta por Godinho Filho e Fernandes (2003).

Essa estrutura orienta as atividades de pesquisa que são estabelecidas de acordo com os seguintes passos: proposta de classificação e codificação do tema estudado, aplicação do método proposto, estruturação da classificação e codificação dos trabalhos levantados, apresentação da perspectiva temporal e, por fim, análises e sugestões para pesquisas futuras. A figura 3.1 apresenta a estrutura metodológica proposta.

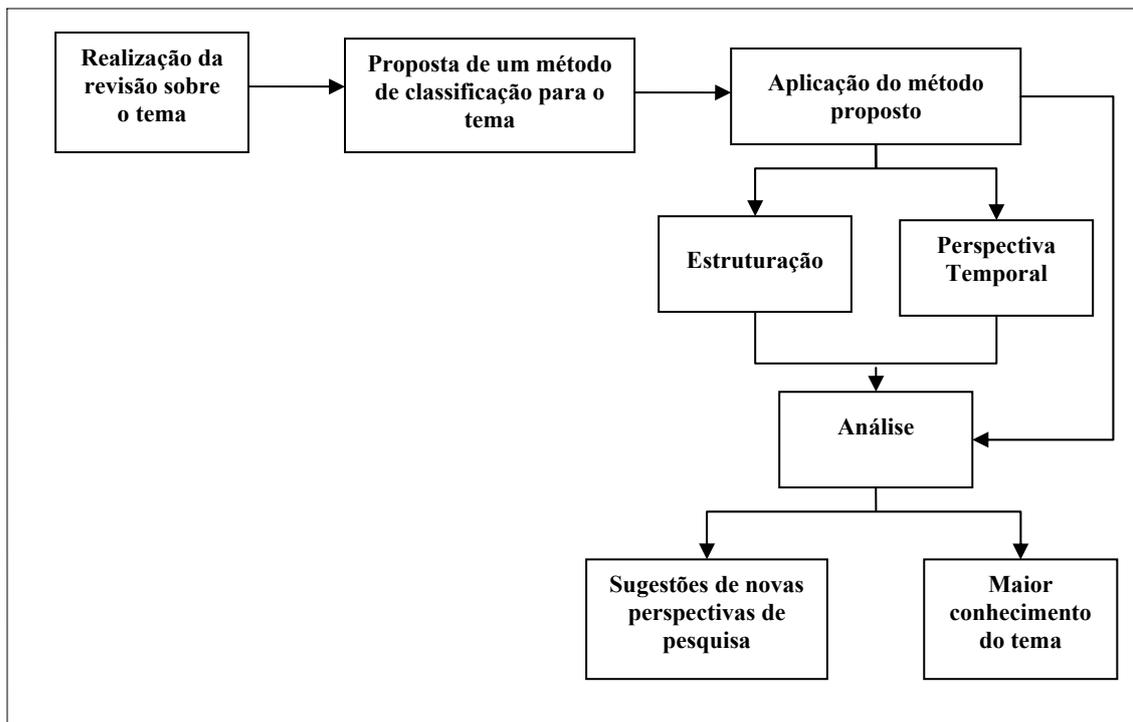


FIGURA 3.1: Passos para realização da presente revisão, classificação e análise

Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2003)

A revisão bibliográfica, primeiro passo desta pesquisa, foi realizada por meio do levantamento de trabalhos nas principais bases de dados existentes na área de Engenharia da Produção (Compendex, Google Acadêmico, *Web of Science*, Scopus e Scielo), cuja palavra-chave foi “redução do *lead time*”.

Neste levantamento foram encontrados 389 trabalhos dos quais 56 trabalhos são analisados. A razão para essa redução está relacionada ao foco desta pesquisa, pois a

maior parte dos trabalhos encontrados não tratava o *lead time* no contexto da TBC/MR e do QRM. Dessa forma, encontram-se fora do escopo dessa pesquisa os trabalhos que:

- a) Abordam a redução do *lead time* e apenas citam o TBC/MR e o QRM de forma superficial somente com o objetivo de apoiar e justificar o desenvolvimento do trabalho propriamente dito. Dentro desta categoria estão, por exemplo, alguns trabalhos que focam em abordagens quantitativas com o objetivo de minimizar o *lead time*, tais como: Degraeve e Schrage (1998), Kim e Tang (1997), Gelders *et al.* (1994) e Timothy *et al.* (1993);
- b) Focam exclusivamente em uma ferramenta de redução do *lead time* sem integrá-la a nenhum dos paradigmas estudados (TBC, MR e QRM). Exemplos: Gest *et al.* (1995), Buyukozkan e Baykasolu (2007), Hodgson *et al.* (2008) e Mileham *et al.* (1997);
- c) Tratam da responsividade como sinônimo de agilidade, sem necessariamente, estar associada à redução do *lead time* em um ambiente de alta variedade produtos, como foca o TBC/MR e o QRM (GODINHO FILHO e FERNANDES, 2005b). Exemplos: Holweg *et al.* (2005), Lim e Zhang (2003) e Little *et al.* (2001).

Após a revisão bibliográfica, foi desenvolvido um método de classificação que se baseia em cinco critérios: abordagem de pesquisa, método de pesquisa, abrangência, princípios e ferramentas e, por fim, contribuição do artigo. Assim, pode-se estruturar a revisão bibliográfica e, também, realizar a análise temporal. Tais atividades possibilitam um maior conhecimento sobre o tema e sugestões de pesquisas futuras.

3.3 O MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO PROPOSTO

Nesta seção são apresentados os critérios que constituem o sistema de classificação proposto. Esse sistema baseia-se em cinco critérios:

- 1) Abordagem de pesquisa adotada nos trabalhos pesquisados;
- 2) Método de pesquisa utilizado nos trabalhos pesquisados;
- 3) Abrangência dos trabalhos pesquisados;
- 4) Princípios e ferramentas do TBC/MR e QRM utilizados nos trabalhos pesquisados;
- 5) Contribuições dos trabalhos pesquisados.

3.3.1 Abordagem de Pesquisa Adotada nos Trabalhos Pesquisados

O critério Abordagem de Pesquisa busca aproximar ou focalizar o fenômeno que se pretende estudar e pode ser classificado em duas categorias (LAKATOS e MARCONI, 2001):

- a) Qualitativa (Qual.): dentro dessa categoria estão os trabalhos que buscam aproximar a teoria e os fatos por meio da interpretação de eventos. Nessa categoria encontram-se os seguintes métodos de pesquisa: revisão da literatura; estudo de caso; e pesquisa-ação;
- b) Quantitativa (Quant.): nessa categoria encontram-se trabalhos que apresentam como principais características as amostras abrangentes. A categoria usualmente adota os seguintes métodos de pesquisa: *survey*; e modelagem/simulação.

3.3.2 Método de Pesquisa Utilizado nos Trabalhos Pesquisados

Este segundo critério classifica os trabalhos entre os principais métodos de pesquisa utilizados na área de Engenharia de Produção:

- a) Revisão da Literatura (RL): nessa categoria encontram-se os trabalhos cujo objetivo é apresentar o estado da arte em determinado campo do conhecimento (ROWLEY e SLACK, 2004);
- b) Estudo de Caso (EC): dentro dessa categoria estão os trabalhos que buscam uma forma de pesquisa empírica, visando investigar fenômenos contemporâneos. Nesse método o contexto real do fenômeno estudado é considerado e utilizado quando as fronteiras entre o contexto e o fenômeno não estão bem definidas (YIN, 2005);
- c) *Survey* (S): nessa categoria estão os trabalhos que tem por propósito prover descrições quantitativas de alguns aspectos da população estudada. A técnica de coleta de dados mais empregada é o questionário estruturado e previamente definido, sendo a informação geralmente coletada em uma fração da população em estudo (PINSONNEAULT e KRAEMER, 1993);
- d) Pesquisa-Ação (PA): dentro dessa categoria estão os trabalhos que foram desenvolvidos por meio de um caráter participativo que não se restringem a descrição

das situações. Os estudos desenvolvidos por esses trabalhos encarregam-se de criar acontecimentos que venham propiciar mudanças no sistema estudado (THIOLLENT, 1997);

- e) Modelagem/Simulação (MS): nessa categoria estão os trabalhos que buscam construir e manipular modelos operacionais que representam, de forma física ou simbólica, todos (ou alguns) aspectos do processo (BERENDES e ROMME, 1999).

3.3.3 Abrangência dos Trabalhos Pesquisados

A Abrangência dos Trabalhos Pesquisados identifica qual área, setor ou departamento da empresa os trabalhos sobre redução de *lead time*, no contexto dos paradigmas analisados, aborda. Para determinar esse critério, foi adotada a proposta de Suri (1998) que divide as áreas de uma empresa em quatro grandes e principais grupos, são eles:

- a) Produção/Qualidade (PQ): nessa categoria estão todos os trabalhos que focam os processos e atividades realizados em chão-de-fábrica. As atividades relacionadas à gestão da qualidade também são inseridas nessa categoria;
- b) Cadeia de Suprimentos/ Logística (CS): dentro dessa categoria estão todos os trabalhos que tratam a redução do *lead time* em atividades relacionadas à obtenção, movimentação de materiais e na distribuição dos produtos (BERTAGLIA, 2003);
- c) Escritório/ Atividades de Apoio (E): nessa categoria encontram-se os trabalhos que focam a redução de *lead time* em atividades necessárias para o processamento de um pedido, mas que não ocorrem no chão-de-fábrica (SURI, 1998). Essa característica permite a inclusão de atividades relacionadas ao: atendimento ao cliente, recursos humanos, emissão de pedidos, custos e *marketing*;
- d) Pesquisa e Desenvolvimento (PD): é nessa categoria que se enquadram os trabalhos que focam todas as atividades relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos e melhorias nos já existentes, tais como: geração de idéias, projeto, protótipos e teste final (MARTINS E LAUGENI, 2006).

3.3.4 Princípios e Ferramentas do TBC, MR e QRM Utilizados nos Trabalhos Pesquisados

Este critério foi dividido em duas categorias: **Princípios (CP)** e **Ferramentas (CF)**. A primeira, **(CP)**, está relacionada às idéias e conceitos defendidos e tratados nos trabalhos sobre redução de *lead time*. A segunda, **(CF)**, envolve as ferramentas e *softwares* que permitem a aplicação efetiva das idéias e princípios identificados. Basicamente, a categoria de **Princípios** busca responder a perguntas do tipo “O que fazer?” e a categoria de **Ferramentas** a pergunta do tipo “Como fazer?”. A partir da própria revisão bibliográfica realizada, pôde-se organizar, por ordem alfabética, cada item que constitui ambos os critérios. A tabela 3.1 mostra os princípios utilizados nos trabalhos e seus códigos de identificação.

TABELA 3.1: Princípios utilizados nos trabalhos pesquisados

Princípio	Código
Clientes Parceiros	CP ₁
Cultura da velocidade	CP ₂
Eliminação de atividades que não agregam valor	CP ₃
Eliminar a variabilidade no processo	CP ₄
Entender a variabilidade estratégica (mix de produtos)	CP ₅
Entender a relação entre variáveis do chão-de-fábrica por meio de uma abordagem científica	CP ₆
Estratégia focada na redução do <i>lead time</i>	CP ₇
Flexibilidade do processo	CP ₈
Fornecedores Parceiros	CP ₉
Introdução Rápida de Novos Produtos	CP ₁₀
Manter os recursos produtivos com 100% de utilização de sua capacidade	CP ₁₁
Manter os recursos produtivos entre 70 a 80% de utilização de sua capacidade	CP ₁₂
Medidas de desempenho focadas no tempo	CP ₁₃
Melhoria Contínua	CP ₁₄
Motivação/ Treinamento	CP ₁₅
Redução do tamanho dos lotes	CP ₁₆
Redução de <i>set up</i>	CP ₁₇
Redução de WIP	CP ₁₈
Utilização de ferramentas que identifiquem o tamanho de lote ótimo para redução do <i>lead time</i>	CP ₁₉
Uso da tecnologia e sistemas de informação	CP ₂₀

Fonte: AUTOR

A tabela 3.2 mostra as ferramentas utilizadas nos trabalhos e seus códigos de identificação.

TABELA 3.2: Ferramentas utilizadas nos trabalhos pesquisados

Ferramenta	Código
Automação	CF ₁
CAD/CAM (<i>Computer-aided Design and Manufacturing</i>)	CF ₂
Células de chão-de-fábrica	CF ₃
Células de escritório (Q-ROC)	CF ₄
CPFR (<i>Collaboative Planning, Forecasting and Replenishment</i>)	CF ₅
<i>Cross-trained</i> (trabalhadores multi-especializados)	CF ₆
D/A (<i>Design for Analysis</i>)	CF ₇
EDI (<i>Electronic Data Interchange</i>)	CF ₈
<i>Empowerment</i> (delegação de responsabilidades)	CF ₉
Engenharia Simultânea	CF ₁₀
ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>)	CF ₁₁
Espiral do Tempo de Resposta	CF ₁₂
Fornecedores Certificados	CF ₁₃
FTMS (Segmento de Mercado a ser Focado)	CF ₁₄
Gerenciamento Visual	CF ₁₅
JIT (<i>Just-in-time</i>)	CF ₁₆
Mapeamento do MCT (<i>Manufacturing Critical-path Time</i>)	CF ₁₇
MRP (<i>Material Requeriment Planning</i>)	CF ₁₈
MRP no nível mais alto de programação (HL/MRP)	CF ₁₉
<i>Onwership</i> (delegação de autoridade)	CF ₂₀
Padronização do Processo	CF ₂₁
Produção Puxada	CF ₂₂
Produção Puxada e Empurrada (POLCA)	CF ₂₃
Proximidade com fornecedores (<i>Dual Sourcing</i>)	CF ₂₄
QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	CF ₂₅
Número QRM (medida de desempenho proposta pelo QRM)	CF ₂₆
QRM Detetive (técnica proposta pelo QRM para levantamento de problemas)	CF ₂₇
Regra “no máximo uma” (uma mesma atividade não deve passar mais que uma vez pelo mesmo setor ou pessoa)	CF ₂₈
Recompensar as reduções de <i>lead time</i>	CF ₂₉
SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	CF ₃₀
<i>System Dynamics (SD)</i>	CF ₃₁
Ferramenta de Modelagem Rápida (RTM)	CF ₃₂
<i>Tagging</i> (etiqueta que é anexada ao produto ao longo de todo seu processo de produção)	CF ₃₃

Fonte: AUTOR

3.3.5 Contribuições dos Trabalhos Pesquisados

O critério, Contribuições dos Trabalhos Pesquisados, está relacionado à contribuição oferecida pelos trabalhos analisados. Esse critério foi dividido em duas categorias: **Contribuição para a Prática (P)**; e **Contribuição para Teoria (T)**.

A **P** pode oferecer as seguintes contribuições para aplicação prática do tema estudado: demonstrar às empresas do porquê devem reduzir seus *lead times*; buscar identificar as melhores práticas de redução do *lead time*; propõe aplicações de princípios e/ou ferramentas na prática. Esses objetivos podem ser alcançados por meio de informações coletadas, obtidas ou aplicadas as empresas.

Já a **T** pode oferecer: definições; esclarecimentos; motivação; proposta de ferramentas; e uma ampla e completa revisão bibliográfica do tema. Os objetivos dessa contribuição são alcançados por meio de informações obtidas pela literatura já existente.

Dessa forma, ambas as categorias podem ser subdivididas quanto aos seus objetivos mais específicos, conforme mostra a tabela 3.3.

TABELA 3.3: Contribuições dos trabalhos pesquisados

Contribuição para Prática	Código	Contribuição para Teoria	Código
Demonstra o porquê as empresas devem reduzir o seu <i>lead time</i>	P₁	Define, esclarece e motiva	T₁
Busca como as empresas estão reduzindo seu <i>lead time</i> , busca as melhores práticas	P₂	Propõe ferramentas	T₂
Propõe aplicações	P₃	Ampla e completa revisão bibliográfica	T₃
Aplica princípios e/ou ferramentas	P₄		

Fonte: AUTOR

3.4 CLASSIFICAÇÃO DA LITERATURA SOBRE O TEMA

Após a apresentação da estrutura de classificação dos trabalhos, a presente seção foca a classificação propriamente dita. Essa classificação é mostrada pelas tabelas 3.4 e

3.5 que objetivam representar, respectivamente, os trabalhos qualitativos e quantitativos. Estes trabalhos estão em ordem cronológica e alfabética de acordo com o ano de publicação.

TABELA 3.4: Classificação dos trabalhos qualitativos

Trabalho/ ano de publicação	Classificação quanto ao Método	Classificação quanto à Abrangência	Classificação quanto aos Princípios e Ferramentas	Classificação quanto à Contribuição
Bower e Hout (1988)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₈ -CP ₉ - CP ₁₀ -CP ₁₆ -CP ₁₇ - CP ₁₈ -CP ₂₀ CF ₃ -CF ₂₁ -CF ₂₉	P ₁ -P ₂
Stalk (1988)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₈ -CP ₉ - CP ₁₀ -CP ₁₆ -CP ₂₀ CF ₃ -CF ₂₀ -CF ₂₉	P ₁ -P ₂
Atkinson (1990)	EC	PQ	CP ₇ -CP ₁₄ CF ₃ -CF ₁₆ -CF ₂₀ - CF ₂₅	T ₁ -T ₂
Blackburn (1992)	RL	E	CP ₇ CF ₁₆	T ₁
Bartezzaghi, Spina e Verganti (1993)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₄ -CP ₇ -CP ₁₇ - CP ₁₈	P ₂ T ₁
Udo e Grantt (1993)	EC	CS	CP ₇ -CP ₂₀ CF ₈	P ₂
Hum e Sim (1994)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₁ -CP ₇ -CP ₈ - CP ₉ -CP ₁₀ -CP ₁₃ - CP ₁₄ -CP ₁₅ -CP ₁₆ - CP ₁₇ -CP ₁₈ CF ₁ -CF ₂ -CF ₃ - CF ₈ -CF ₉ -CF ₁₀ - CF ₁₆ -CF ₂₁ -CF ₃₂ - CF ₃₄	P ₃ T ₁ -T ₂ -T ₃
Buzacott (1995)	RL	PQ	CP ₄ -CP ₅ -CP ₇ - CP ₈ -CP ₂₀ CF ₂ -CF ₆ -CF ₈ - CF ₂₀ -CF ₃₄	T ₁ -T ₂
Carter, Melnyk e Handfield (1995)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₂ -CP ₃ -CP ₇ - CP ₁₃ -CP ₁₄ -CP ₁₇ - CP ₁₈ -CP ₂₀ CF ₁ -CF ₂ -CF ₈ - CF ₁₀ -CF ₁₅ -CF ₂₁ - CF ₃₀ -CF ₃₄	T ₁ -T ₂
Gehani (1995)	RL	PQ-CS	CP ₃ -CP ₇ -CP ₁₄ - CP ₂₀ CF ₁₀ -CF ₁₇	T ₁ -T ₂
Rise (1995)	RL	CS	CP ₁ -CP ₂ -CP ₉ - CP ₁₈ CF ₈ -CF ₁₃	P ₁ -P ₂ T ₁

Kumar e Montwani (1995)	EC	PQ-CS-E-PD	CP ₈ -CP ₉ -CP ₁₄ - CP ₁₅ -CP ₂₀ CF ₂ -CF ₃ -CF ₇ - CF ₈ -CF ₉ -CF ₁₀ CF ₂₂ -CF ₂₅ -CF ₃₄	P ₁ -P ₂ -P ₃
Meyer e Utterback (1995)	EC	PQ-CS	CP ₇ -CP ₁₀ -CP ₂₀	P ₂
Suri, Veeramani e Church (1995)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₁ -CP ₇ -CP ₉ - CP ₁₅ -CP ₁₆ -CP ₁₇ - CP ₁₈ CF ₃₄	T ₁
Tersine e Hummingbird (1995)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₇	T ₁
Bozarth e Chapman (1996)	RL	CS	CP ₇	T ₁
Pragman (1996)	RL	CS-E	CP ₇ -CP ₉ CF ₁₃	T ₁ -T ₂
Rich e Hines (1997)	RL	CS	CP ₉	T ₁
Grubb (1998)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₉ -CP ₁₆	T ₁ -T ₂
Koufteros, Vonderembse e Doll (1998)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₉ -CP ₁₄ -CP ₁₅ - CP ₁₇ CF ₃ -CF ₉ -CF ₂₁	P ₂
Rohr e Corrêa (1998)	EC	PQ-CS-E	CP ₂ -CP ₇ -CP ₈ - CP ₁₇ -CP ₁₈ -CP ₂₀ - CF ₃ -CF ₉ -CF ₁₆ - CF ₃₄	P ₁ -P ₂ -P ₃ - T ₁ -T ₂
Suri (1998a)	RL	PQ	CP ₇ -CP ₁₇ -CP ₁₈ CF ₃ -CF ₁₆ -CF ₁₉ - CF ₂₃	T ₁ -T ₂
Suri (1998b)	RL	PQ	CP ₆ -CP ₇ -CP ₁₂ - CP ₁₆ -CP ₁₇ -CP ₁₈ - CP ₁₉ -CP ₂₀ CF ₃ -CF ₁₉ -CF ₃₂	T ₁ -T ₂
Gindy (1999)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₁₀ -CP ₁₄	T ₁
Kritchanchai e MacCarthy (1999)	EC	PQ-CS-E	CP ₁ -CP ₇ -CP ₉ - CP ₁₅ -CP ₂₀ CF ₂₁	P ₂ T ₁
Toni e Meneghetti (2000)	RL	PQ-CS	CP ₈ -CP ₁₀ -CP ₁₆ - CP ₁₇ -CP ₁₈ - CF ₂ -CF ₆ -CF ₈ - CF ₉ -CF ₁₀ -CF ₁₃ - CF ₁₅ -CF ₁₆ -CF ₂₁ - CF ₃₄	T ₁ -T ₂
Ericksen e Suri	RL	CS	CP ₁ -CP ₇ -CP ₉	P ₁ -P ₂

(2001)			CP ₁₄ -CP ₁₆ CF ₃ -CF ₉ -CF ₁₃ - CF ₁₇ -CF ₂₄ -CF ₃₄	
Harding (2002)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₁ -CP ₃ -CP ₄ - CP ₅ -CP ₆ -CP ₇ - CP ₈ -CP ₉ -CP ₁₀ - CP ₁₁ -CP ₁₂ -CP ₁₃ - CP ₁₄ -CP ₁₅ -CP ₁₆ - CP ₁₇ -CP ₁₈ -CP ₁₉ - CP ₂₀ CF ₂ -CF ₃ -CF ₁₉ - CF ₂₃ -CF ₃₂	T ₁ -T ₂
Jonhson (2003)	RL	PQ	CP ₄ -CP ₅ -CP ₇ - CP ₁₂ -CP ₁₆ -CP ₁₇ CP ₁₈	T ₁
Ranga e Dwivedi (2003)	RL	PQ	CP ₁ -CP ₈ -CP ₉ - CP ₁₀ -CP ₁₅ -CP ₂₀ CF ₃ -CF ₆	T ₁
Suri e Krishnamurthy (2003)	RL	PQ	CP ₇ -CP ₁₇ -CP ₁₈ CF ₃ -CF ₁₆ -CF ₁₉ - CF ₂₃	P ₂ T ₁ -T ₂
Mosher e Stucker (2004)	RL	PQ-PD	CP ₃ -CP ₇ -CP ₁₃	T ₂
Waller (2004)	RL	PQ-CS-PD	CP ₁ -CP ₈ -CP ₉ -CP ₂₀	T ₁ -T ₂
Dibrell, Davis e Danskin (2005)	EC	PQ-CS-E-PD	CP ₁ -CP ₂ -CP ₉	P ₂
Ericksen <i>et al</i> (2005)	RL	CS	CP ₁ -CP ₇ -CP ₉ CF ₁₇	P ₁ -P ₂
Holweg (2005)	EC	CS	CP ₇ -CP ₈	P ₂
Welker e Vries (2005)	EC	CS-E	CP ₈ -CP ₂₀ CF ₁₁ -CF ₂₁	P ₂
Turner <i>et all</i> (2006)	RL	PQ-CS-E-PD	CP ₅ CF ₂ -CF ₆ -CF ₁₉ - CF ₂₃	T ₁ -T ₂
Fouchal e Dickens (2007)	EC	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₁₀ -CP ₁₄ - CP ₂₀	P ₂
Saes e Godinho Filho (2008)	RL	PQ	CP ₆ -CP ₇ -CP ₁₂ - CP ₁₄ -CP ₁₅ -CP ₁₇ - CP ₁₈ -CP ₁₉ -CP ₂₀ - CP ₁₃ CF ₃ -CF ₆ -CF ₉ - CF ₁₂ -CF ₁₄ -CF ₁₅ - CF ₁₇ -CF ₁₉ -CF ₂₀ - CF ₃₀ -CF ₃₁ -CF ₃₂ - CF ₃₄	P ₁ -P ₂
Selito e Walter (2008)	EC	PQ-CS-E	CP ₇ -CP ₁₈	P ₂ -P ₄
Tammela, Canem e Helo	EC	CS	CP ₁₄ -CP ₂₀ - CF ₁ -CF ₂₁ -CF ₂₄ -	P ₂

(2008)

CF₃₄

Fonte: AUTOR

TABELA 3.5: Classificação dos trabalhos quantitativos

Trabalho/ ano de publicação	Classificação quanto ao método	Classificação quanto à abrangência	Classificação quanto aos princípios e ferramentas	Classificação quanto à contribuição
Daugherty e Pittman (1995)	S	CS	CP ₁ -CP ₈ -CP ₉ - CP ₁₈ -CP ₂₀ CF ₁ -CF ₇ -CF ₈ - CF ₂₁	P ₂ -P ₃
Vickery, Yeomans e Markland (1995)	S	PQ-CS-E-PD	CP ₇	P ₂
Brennan e Foroughi (1999)	MS	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₂₀ CF ₁ - CF ₂ - CF ₇ - CF ₈	T ₂
Jayaram <i>et al.</i> (1999)	S	PQ-CS-PD	CP ₉ -CP ₁₄ -CP ₁₇ CF ₂ -CF ₃ -CF ₁₀ - CF ₁₆ -CF ₂₁ -CF ₃₄	P ₂ T ₂
Sim e Curatola (1999)	S	PQ-PD	CP ₁₄ CF ₉ -CF ₁₆ -CF ₃₄	P ₂
Sullivan e Kang (1999)	S	PQ-CS-E-PD	CP ₇	P ₂
Tubino e Suri (2000)	MS	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₁₃ -CP ₁₅	P ₂ - P ₃
Rondeau, Vonderembse e Ragu-Nathan (2002)	S	PQ-CS-E-PD	CP ₇ -CP ₁₈	P ₂ -P ₄
Fernie e Azuma (2003)	S	CS	CP ₁ - CP ₇ - CP ₉ - CP ₁₆ - CP ₁₇ - CP ₂₀ CF ₅ - CF ₈ -CF ₁₈	P ₂
Fernandes e Carmo-Silva (2005)	MS	PQ	CP ₇ -CP ₈ -CP ₁₈ CF ₂₃	T ₁
Gaimon e Burgess (2003)	MS	PQ	CP ₇	T ₁ - T ₂
Nahm <i>et al</i> (2004)	S	PQ	CP ₁₄ -CP ₁₇ CF ₃ -CF ₂₂ -CF ₃₄	P ₂
Birtwistle,	S	CS	CP ₁ - CP ₇ - CP ₈ -	P ₂

Fiorito e Moore (2006)			CP ₉ -CP ₁₄ -CP ₁₈ CP ₂₀ CF ₁ -CF ₇ -CF ₈	
Saad e Gindy (2007)	S	PQ-CS-E-PD	CP ₁ -CP ₉ -CP ₁₀ - CP ₂₀	P ₂

Fonte: AUTOR

3.5 ESTRUTURAÇÃO DA REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção é feita a estruturação da revisão da literatura sobre redução de *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM. Para isso, são apresentados breves resumos dos trabalhos com base na estrutura de classificação proposta. Os resumos se dividem em dois grandes grupos de acordo com o primeiro critério de classificação: trabalhos qualitativos e trabalhos quantitativos.

3.5.1 Trabalhos Qualitativos (Qual)

Neste grupo são apresentados os resumos dos trabalhos qualitativos que apresentam como método de pesquisa a revisão da literatura (LT), o estudo de caso (CS) e a pesquisa-ação (PA), bem como os outros cinco critérios e suas categorias de classificação (figura 3.2). A apresentação desses resumos é feita em ordem cronológica e alfabética, de acordo com o ano de publicação, conforme mostra a tabela 3.4.

Para iniciar este processo de estruturação, são analisados dois importantes trabalhos que marcam o início dos estudos da TBC. O primeiro deles é o trabalho dos autores Bower e Hout (1988). Esses autores desenvolveram um estudo que busca demonstrar o motivo de as empresas adotarem a TBC. Para isso, o trabalho apresenta análises de estudos de caso em que técnicas e mudanças necessárias para implementação do TBC são identificadas, bem como as melhores práticas adotadas pelas empresas estudadas. O segundo trabalho, o do autor Stalk (1988), pode ser considerado o marco inicial da TBC, pois apresenta o tempo como uma nova e poderosa arma competitiva que surgida no final da década de 80. Para validar essa afirmação, o autor descreve a estratégia da TBC e apresenta alguns casos de sucesso de empresas japonesas. Além disso, a importância do tempo para a organização é

comparada ao dinheiro, à produtividade, à qualidade e às inovações, uma vez que foi evidenciado o seu grande potencial estratégico.

Após um intervalo de dois anos entre as publicações, o autor Atkinson (1990) aborda um conceito essencial para a consolidação da TBC: a Responsividade. Para isso, o autor desenvolve um trabalho que propõe a responsividade aplicada aos clientes como uma vantagem competitiva por meio de cinco estratégias. Essas estratégias foram identificadas em empresas de sucesso em termos de responsividade, cujas técnicas empregadas são: processo flexível, envolvimento dos funcionários, criação de células, JIT e QFD.

Em 1992, Blackburn destaca a importância da TBC nas atividades de escritório denominando-a de *white-collar activities*. Para atingir esse objetivo, Blackburn realiza uma revisão bibliográfica em que observa as vantagens da aplicação da TBC nas outras áreas da empresa, focando essencialmente os possíveis benefícios da aplicação do TBC nas atividades de escritório.

No ano seguinte, Bartezzaghi, Spina e Verganti (1993) estabelecem uma taxonomia entre os quatro diferentes ambientes de produção (*make-to-order, assemble-to-order, make-to-stock, engineer-to-order*) e os seus modelos de redução de *lead time*. Além disso, os autores apresentam dois novos modelos de redução do *lead time* para auxiliar nos processos de re-engenharia. Os autores Udo e Grantt também publicaram um trabalho em 1993, desenvolvido por meio de um estudo de caso em uma grande empresa de transportes dos Estados Unidos. O objetivo desse trabalho é analisar as implicações da implementação da tecnologia EDI na responsividade dos serviços prestados pela empresa.

Em 1994, Hum e Sim oferecem uma importante e ampla revisão bibliográfica sobre o paradigma TBC. Essa revisão foi classificada em quatro grandes categorias: literatura descritiva; implicações gerenciais; estudos de casos e aplicações; e modelagem matemática. A categoria literatura descritiva descreve a natureza da TBC, suas estratégias e benefícios, suas implicações e aplicações. A segunda categoria destaca o potencial da TBC e suas implicações para os gerentes e suas organizações em negócios e ambientes competitivos. A categoria Estudo de Casos e Implicações oferece exemplos da TBC e serve de guia para outras organizações. Por fim, a última categoria destaca a modelagem matemática, que utiliza o tempo como variável.

No ano seguinte, foram encontrados oito trabalhos sobre o tema. O primeiro foi desenvolvido por Buzacott (1995) e apresenta algumas importantes características do ambiente de produção da década de 90, bem como diferentes perspectivas sobre os métodos e ferramentas de gestão de produção (JIT, TQM e TBC) que surgiram nessa década. Em

seguida, Carter, Melnyk e Handfield (1995) estudam diversos trabalhos que relatam sucesso na implementação do TBC e identificam os principais conceitos e ferramentas utilizados. Além disso, os autores oferecem uma visão geral sobre o TBC, ressaltando as principais vantagens de sua implementação. No terceiro trabalho, Gehani (1995) propõe uma taxonomia para o gerenciamento das tecnologias baseada na gestão do tempo por meio de uma revisão da literatura. Essa taxonomia identifica três dimensões da gestão baseada no tempo: tipo, origem e aplicação na tecnologia. Além disso, o trabalho apresenta uma discussão sobre os *trade-offs* da gestão baseada no tempo e aponta seis idéias e implicações para a aplicação desta gestão. No quarto trabalho, Rise (1995) destaca a importância e a implicação do tempo como vantagem competitiva na logística internacional. O autor completa sua pesquisa apresentando os sete princípios básicos para implementação da TBC e uma síntese que elenca quatorze pontos de mudanças necessárias para o sucesso do TBC na logística internacional. Outro importante trabalho é apresentado pelos autores Kumar e Montwani (1995). Os autores propõem um índice de agilidade que avalia o grau da vantagem competitiva baseada no tempo. Esse índice foi determinado com base em 23 fatores e subfatores que influenciam a agilidade das empresas. Para atestar a eficácia do índice, foram realizados múltiplos estudos de casos aplicados em quatro grandes áreas da empresa. Aqui é importante observar que ao iniciar o artigo os autores ressaltam a diferença entre agilidade e tempo, destacando a importância da agilidade para o sucesso da TBC. O sexto trabalho foi desenvolvido por Meyer e Utterback (1995) que estudam as relações entre o tempo na cadeia de suprimentos e o seu sucesso comercial por meio de um estudo de caso em uma grande empresa de alumínio. O próximo trabalho analisado aborda, pela primeira, vez o QRM. Nesse trabalho, os autores Suri, Veeramani e Church (1995) objetivam esclarecer falsos mitos a respeito da implementação de estratégias baseadas no tempo, especificamente da abordagem QRM. De acordo com estudos desenvolvidos em parceria com a universidade de Wisconsin e empresas dos EUA, os autores identificaram uma série de mitos, sobre o QRM, comuns a maioria dos gerentes. A desmistificação desses mitos está relacionada diretamente ao sucesso da implementação do QRM, foco deste artigo. O último trabalho publicado neste ano foi desenvolvido pelos autores Tersine e Hummingbird (1995) que buscam, por meio de uma revisão da literatura, tratar os benefícios da redução do *lead time* como uma ferramenta para atingir a vantagem competitiva. Inicialmente, os autores mostram as vantagens da redução do *lead time* e apontam a necessidade da aplicação deste conceito em toda cadeia de suprimentos. Além disso, os autores identificam a necessidade de entender o ambiente de produção e as exigências dos clientes e, assim, utilizar as técnicas de redução do *lead time* mais adequadas a

esse ambiente. Os autores observam, ao final do trabalho, que diferentes produtos e diferentes clientes necessitam de diferentes abordagens, entretanto, em todas estas situações as vantagens da utilização da estratégia baseada no tempo foram identificadas.

O próximo ano de publicações sobre o tema foi iniciado pelo trabalho de Bozarth e Chapman (1996). Esse trabalho propõe uma estrutura que auxilia a identificação das situações e ambientes da manufatura onde a TBC deve ser aplicada. A estrutura foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica, permitindo a integração entre os ambientes de manufatura e o TBC. Além disso, essa estrutura demonstra as diferentes necessidades da empresa, em relação ao TBC, com base em seu posicionamento de resposta à demanda (*make-to-order, engineering-to-order, assemble-to-order, stock-to-order*). Esses autores concluem ressaltando a necessidade de estudos empíricos que apliquem esse modelo e que definam ferramentas para aplicação do TBC. Já o trabalho de Pragman (1996) trata a redução do *lead time* no que se refere aos projetos e tempo de resposta de uma organização por meio de um nível mais avançado de parceria entre fornecedores e clientes, referenciados pelos autores como JIT II. Essa ferramenta auxilia as companhias a encontrarem a real demanda de seus clientes e, ainda, controlar os custos e níveis de estoque. A prática do JIT II associa os departamentos de engenharia, planejamento e compras a fazerem uma ponte entre fornecedores e clientes.

Em 1997, Rich e Hines discutem e identificam as relações entre a cadeia de suprimentos e as estratégias do TBC e, também, analisam a integração do fornecedor nesse contexto. Como resultado, esses autores oferecem uma estrutura de rede de abastecimento que permite a compreensão do tempo na cadeia de suprimentos e a influência da parceria com os fornecedores e outras formas de colaboração. Ao final, os autores destacam a necessidade da estruturação dessas colaborações, a fim de convertê-las em vantagens competitivas dentro da abordagem TBC.

No ano seguinte, Grubb (1998) fornece um breve tutorial para redução do *lead time*. Nesse tutorial, o autor define alguns conceitos e princípios sobre o tema e apresenta um exemplo prático da aplicação dos princípios citados no trabalho. Já os autores Koufteros, Vonderembse e Doll (1998) propõem uma estrutura que relaciona sete práticas-chave para o sucesso da TBC. Essa estrutura é validada por meio de testes estatísticos que demonstram a correlação entre as práticas selecionadas. Isso permite o entendimento e seqüenciamento das relações entre essas sete práticas estudadas. Ainda nesse ano, Rohr e Corrêa (1998) propõem um modelo que objetiva auxiliar as empresas a competir usando o tempo baseado em uma revisão bibliográfica e em sete estudos de casos na indústria brasileira. Esse modelo responde

basicamente a duas questões: “Por que as empresas devem competir baseadas no tempo?” e “Como elas podem competir baseadas no tempo?”. Com relação às razões para uma empresa competir baseada no tempo, os autores observam que uma empresa que tenha baixo *lead time* também poderá ter baixos custos, maior flexibilidade e pontualidade. Já, referentes às ferramentas para se tornarem competidoras baseada no tempo, os autores propõem algumas técnicas: TPM, células de chão-de-fábrica, times, *empowerment*. Os últimos trabalhos do ano são apresentados por Suri. No primeiro (1998a), o autor ressalta que a produção puxada não é adequada para todos os ambientes de produção e apresenta como solução a utilização do método de controle POLCA, ferramenta adotada pela abordagem QRM. Para validar essa afirmação, Suri identifica os ambientes em que o QRM é mais eficaz e, também, realiza uma análise comparativa entre esta abordagem e o JIT. No segundo artigo (1998b), Suri propõem o uso do software MPX para apoio da implementação do QRM. Esse software foi desenvolvido dentro do escopo da Tecnologia de Modelagem Rápida (RTM), o que possibilita a utilização de avançados recursos da Teoria de Filas. Isso significa que o MPX é capaz de capturar as interações entre as variáveis do chão-de-fábrica, oferecendo aos gerentes uma abordagem científica do chão-de-fábrica do mesmo.

Em 1999, Gindy retoma em maiores detalhes o tema da Responsividade na Manufatura (Manufatura Responsiva, MR), anteriormente apresentado por Atkinson (1990). Nesse trabalho, Gindy (1999) descreve a MR e suas vantagens observando que a MR pode potencializar os lucros de uma empresa por meio de uma maior qualidade, rapidez e menores custos. Já os autores Kritchanhai e MacCarthy (1999) discutem as evidências encontradas em estudos de caso, a fim de entender e investigar a responsividade no processo de produção e expedição de pedidos. Para isso, foram realizados seis estudos de caso em empresas tailandesas, tendo como apoio para esta pesquisa quatro elementos-chave da responsividade que foram identificados na literatura da TBC: estímulo, consciência, capacidade e objetivo. Ao final, os resultados destes estudos de caso foram analisados e comparados a outros oito estudos de caso já realizados em empresas norte-americanas, permitindo a compreensão e identificação de princípios e ferramentas utilizados para atingir a responsividade no contexto da TBC.

No ano de 2000, Toni e Meneghetti desenvolvem uma matriz que associa à sensibilidade do mercado e os indicadores de tempo externo às orientações estratégicas apropriadas do TBC. Além disso, esse trabalho identifica três tipos de competidores baseados no tempo: competidores baseados no produto, competidores baseados no processo e

competidores baseados no processo e no produto. O trabalho é finalizado com identificação de dois caminhos para atingir a competitividade baseada no tempo: o tradicional e o inovador.

Já em 2001, Ericksen e Suri (2001) propõem a aplicação do QRM para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Para apoiar tal estudo, os autores analisam as diferenças entre as políticas do gerenciamento tradicional e as políticas do QRM, bem como as vantagens obtidas por meio de sua implementação. Estas análises são realizadas com base nos resultados obtidos por empresas que adotam a abordagem QRM.

Em 2002, Harding apresenta por meio de uma revisão bibliográfica, a abordagem QRM. Além disso, o autor direciona a implementação do QRM nas empresas de manufatura, destacando os principais conceitos e ferramentas desta abordagem.

No próximo ano, três importantes trabalhos são analisados. O primeiro, de Jonhson (2003), que desenvolve uma estrutura conceitual que apresenta alguns conceitos e princípios que, se aplicados corretamente, podem reduzir o *lead time* de produção. Além disso, essa estrutura apresenta fatores que influenciam na redução do *lead time* e suas interações. O segundo, de Ranga e Dwivedi (2003), que tem o objetivo de definir e descrever os semelhantes conceitos e princípios da Manufatura Responsiva e Manufatura Ágil. Para isso, os autores realizam uma importante revisão bibliográfica sobre o tema. No último, Suri e Krishnamurthy (2003) analisam o planejamento e implementação do método POLCA. O método de controle se caracteriza como um sistema híbrido adequado a ambientes de produção com alta variedade de produtos e/ou produtos customizados. Para a análise deste método de controle foi realizada uma breve descrição sobre o seu sistema de funcionamento e suas principais características e, por fim, dois estudos de caso são apresentados para análise do processo de implementação do POLCA.

No ano de 2004, os autores Mosher e Stucker (2004) buscaram maneiras de aplicar a MR no segmento aeroespacial, a fim de encontrar novos conceitos aplicáveis aos seus sistemas de produção. Dessa forma, tem-se que o objetivo do trabalho desses autores é detalhar os principais conceitos aplicáveis ao segmento aeroespacial, contribuindo para a redução do *lead time*, para a melhoria na qualidade e da redução de custos. Já o autor Waller (2004) propõe a utilização da Manufatura Responsiva (MR) para antecipação das necessidades e desejos dos clientes no setor automotivo, o que o autor denomina Manufatura Responsiva de Mercado (MRR). Essa abordagem busca moldar o mercado por meio de parcerias entre clientes e fornecedores, a fim de responder rapidamente a demanda sazonal e volátil deste setor.

Um ano depois, os autores Dibrell, Davis e Danskin (2005) buscaram comprovar empiricamente a relação da internacionalização de uma empresa com a prática da TBC. Para isso, as relações e interações entre internacionalização e redução do *lead time*, bem como seus impactos nas medidas de desempenho, são verificadas por meio de um estudo de caso. Esse estudo é realizado em uma grande empresa no setor de materiais de escrita, cujos resultados obtidos são validados pelo uso da técnica de regressão linear. No próximo trabalho, levantado em 2005, os autores Ericksen *et al* analisam o impacto da abordagem QRM na cadeia de suprimentos por meio de uma revisão bibliográfica, ressaltando os resultados obtidos após a implementação do QRM na *John Deere*. Já o autor Holweg (2005) desenvolve um modelo conceitual identificando os três fatores-chave que determinam a responsividade na Cadeia de Suprimentos. Este modelo é aplicado a três estudos de caso, os quais revelam os três fatores-chave. O primeiro mostra que o conceito de responsividade é simples e que pode ser aplicado em conjunto com uma gama de estratégias de produção. O segundo revela a necessidade da interação de um conjunto de variáveis-chave e sugere o agrupamento dessas variáveis em três grupos: produto, processo e volume. Já o terceiro conclui que não existe uma abordagem única que assegure a responsividade, o que existe é a necessidade da total integração entre os três grupos de variáveis encontradas. O último trabalho, do ano de 2005, é desenvolvido pelos autores Welker e Vries que apontam a padronização dos processos como uma ferramenta essencial para atingir a responsividade e a eficiência em uma organização. Para isso, os autores analisaram dados de cinco empresas em três dimensões: controle logístico, processo de informação e níveis organizacionais. O trabalho mostra um *link* entre os caminhos para a padronização dos processos e os degraus da responsividade.

Em 2006, Turner *et all* (2006) estudaram e avaliaram a aplicação do método de controle de produção POLCA em empresas de médio porte, cuja demanda não é previsível. Para isso, os autores simulam situações no software SIMU8 e atestam os benefícios da implementação do POLCA.

No próximo ano, os autores Fouchal e Dickens (2007) apresentam um estudo de caso em uma empresa do setor de serigrafia. Nesse estudo foram avaliados três processos de produção específicos para esse setor, aos quais são aplicados os principais conceitos da Manufatura Responsiva.

Os últimos trabalhos analisados são os dos autores Saes e Godinho Filho (2008), Selito e Walter (2008) e Tammela, Canem e Helo (2008). O primeiro trata, por meio de uma revisão bibliográfica, das semelhanças e diferenças entre dois importantes paradigmas: o *Lean Manufacturing* (ME) e o *Quick Response Manufacturing* (QRM). O

segundo trabalho propõe um método para mensurar o *lead time* de um processo de manufatura, para isso, estudou-se um caso em uma empresa no setor calçadista. Já o terceiro e último trabalho tem como objetivo mostrar que a TBC, alinhada aos aspectos culturais e logísticos, pode potencializar o tempo de reposta das organizações ao redor do mundo. A fim de atingir esse objetivo, os autores realizaram estudos de casos em três dos vinte países líderes de venda no setor de móveis: Brasil, Finlândia e Dinamarca. Os métodos de pesquisa adotados foram entrevistas não estruturadas que buscaram identificar as melhores práticas de redução do *lead time* nas empresas estudadas em cada um dos três países.

As análises apresentadas nessa seção encerram a estruturação dos trabalhos qualitativos encontrados no período de 1988 a 2008.

3.5.2 Trabalhos Quantitativos (Quant)

Neste segundo grupo são apresentados os resumos dos trabalhos quantitativos que apresentam como método de pesquisa o *survey* (S) e a modelagem/simulação (MS), assim como os outros cinco critérios e suas categorias de classificação (figura 3.3). A apresentação desses resumos também é feita em ordem cronológica e alfabética de acordo com o ano de publicação, conforme mostra a tabela 3.5.

Para iniciar, são apresentados os trabalhos de Daugherty e Pittman (1995) e Vickery, Yeomans e Markland (1995). O primeiro trabalho explora o uso das estratégias baseado no tempo, a fim de identificar elementos-chave para o sucesso do gerenciamento desse tempo. A identificação de tais elementos foi feita por meio de entrevistas realizadas com executivos de produção e de distribuição de 10 empresas listadas pela revista *Fortune 500*, tendo como foco a área de distribuição de produtos. O segundo trabalho, dos autores Vickery, Yeomans e Markland (1995), desenvolve um *survey* para o estudo e a análise da relação entre TBC e nove indicadores de desempenho de mercado e finanças. Os resultados apontam para a necessidade da implementação do TBC como vantagem competitiva, porém, os custos associados a esse processo apontam para uma redução dos lucros em curto prazo. De acordo com os autores, esse *trade-off* é considerado o “*dark side of time*”.

Após quatro anos, Brennan e Foroughi (1999) fornecem uma estrutura de controle para linhas de produção automatizadas que trabalham com a Manufatura Responsiva (MR). Esta estrutura busca minimizar os problemas relacionados à responsividade e

flexibilidade provenientes da automatização das linhas de produção, por meio do uso adequado da TI e do fluxo de informações. Nesse mesmo ano, Jayaram *et al.* (1999) oferecem um suporte empírico para uma positiva relação entre o desempenho baseado no tempo e o desempenho dos negócios na indústria de fornecedores automotivos. Para isso, os autores examinam, relacionam e quantificam os efeitos de alguns programas de ações baseados no tempo, com seis medidas de desempenho do tempo (introdução de novos produtos, desenvolvimento de novos produtos, tempo de manufatura, confiabilidade na entrega, pontualidade na entrega e responsividade do cliente). Isso foi feito por meio de um questionário aplicado a 157 fornecedores de três grandes fábricas de automóveis na América do Norte (GM, Ford e Chrysler), dos quais 57 fornecedores responderam. Já os autores Sim e Curatola (1999) estudam as relações entre a utilização JIT e *empowerment* no desempenho da gestão baseada no tempo. Esse trabalho é validado pela demonstração da relação entre a gestão eficaz do tempo, as reduções de custos e a conquista de novos mercados. Para isso, os autores realizaram um *survey*, envolvendo 83 empresas. Como conclusão, o trabalho dos autores Sullivan e Kang (1999) analisa três importantes hipóteses associadas à implementação da Resposta Rápida (QR) em indústrias do setor de vestuário, nos Estados Unidos. As hipóteses analisadas são: (H1) se mostram distintas as características das empresas que adotam ou não a prática QR; (H2) a percepção dos benefícios das vantagens da implementação da QR está relacionada ao tamanho da empresa (pequena, média, grande); (H3) o uso de sistemas e ao tamanho da empresa. Os resultados atestam as três hipóteses e as associam às médias e grandes empresas.

No ano seguinte, Tubino e Suri (2000) propõem um modelo matemático denominado “Poderosa Regra dos Seis”. Esse modelo busca obter dados empíricos para estabelecer quantitativamente os benefícios do QRM. Para atingir esse objetivo os autores desenvolveram uma função simples que relaciona a redução do *lead time* com a redução dos custos.

Em 2002, Rondeau, Vonderembse e Ragu-Nathan (2002) tiveram o objetivo de mostrar as práticas, baseado no tempo, adotadas pelos competidores para reduzir o tempo de processo e de customização dos seus produtos. Estas práticas, por sua vez, são estabelecidas pelo envolvimento dos clientes finais ao processo como uso das tecnologias e sistemas de informação. Para sustentar esta afirmação, os autores realizaram um *survey* em 265 empresas.

No ano seguinte, Fernie e Azuma (2003) estudaram e analisaram os processos de implementação da abordagem de Resposta Rápida (QR) na cadeia de suprimentos de

pequenas e médias empresas japonesas do setor de confecção. Para a realização desse estudo, os autores realizaram um *survey* em que foram definidos três estágios principais para implementação da QR. O primeiro que envolve o uso das tecnologias básicas, o segundo, processos de reengenharia e, finalmente, o último, que aponta para a necessidade de formação de parcerias com clientes e fornecedores. Já os autores Gaimon e Burgess (2003) desenvolvem um modelo de expansão da capacidade produtiva de uma empresa, considerando o *lead time* necessário para construir e operacionalizar essa expansão. Esse modelo permite gerenciar o tempo possibilitando sua aplicação estratégica. Por fim, os autores Fernandes e Carmo-Silva (2005) propõem um novo modelo a ser utilizado na abordagem *Quick Response Manufacturing* (QRM) para o controle do fluxo de materiais e de produção, denominado GPOLCA. Esse novo modelo é uma adaptação do método POLCA que foi desenvolvido como parte da abordagem QRM. No modelo GPOLCA, a produção, é liberada por meio do controle do nível de estoque dos cartões, o que se mostrou mais eficiente em ambientes com alta variedade de produtos e alta variabilidade da demanda. Isso pode ser atestado por meio da utilização de duas importantes técnicas de análises: simulações e o teste Kolmorov-Smirnov. Nas simulações, os métodos de controle do fluxo de materiais e de produção MRP, POLCA e GPOLCA foram avaliados e comparados. Os resultados obtidos nessas simulações foram atestados por meio do teste Kolmorov-Smirnov. Nas duas técnicas de análise foram avaliados três indicadores de produção: taxa de transferência (*throughput*), WIP e o *lead time*.

Em 2004, Nahm, Vonderembse e Koufteros (2003) desenvolveram uma estrutura que relaciona as práticas da manufatura baseada no tempo com o impacto da cultura organizacional. Para essa estrutura, foi adotado, como pressuposto, que as organizações estudadas tenham seus sistemas de manufatura orientados pelo cliente. Isso foi investigado em 200 empresas, por meio de um *survey*.

Depois de dois anos, Birtwistle, Fiorito e Moore (2006) exploraram a utilização e o conhecimento da utilização de sistemas de Reposição Automática (AR) e a implementação do *Quick Response Manufacturing* (QRM) na cadeia de suprimentos. Para isso, os autores realizaram um *survey* com 33 fornecedores de indústrias têxteis, na Escócia. Os resultados obtidos apontam para a falta de conhecimento dos gerentes na implementação da AR e do QRM, principalmente, para o uso das tecnologias necessárias a aplicação de ambos.

Ao final, tem-se o trabalho de Saad e Gindy (2007) que identificaram alguns princípios necessários para as empresas que buscam atingir a Manufatura Responsiva (MR). Para isso, os autores realizaram uma importante revisão bibliográfica e, também, um *survey* aplicado a seis importantes companhias aeroespaciais, no Reino Unido. Os resultados dessa

pesquisa destacam os setores de desenvolvimento de produtos e de cadeia de suprimentos como os dois domínios principais da MR. Nestes dois domínios, são destacados os seguintes princípios: a criação de parcerias com fornecedores e clientes, a introdução rápida de novos produtos e o uso da Tecnologia de Informação (TI).

No ano de 2008, não foram encontrados trabalhos dentro do escopo desta pesquisa.

3.6 ANÁLISES QUALITATIVAS SOBRE O TEMA REDUÇÃO DO *LEAD TIME* NO CONTEXTO DA TBC/MR E DO QRM

Esta análise baseia-se na estruturação dos trabalhos levantados no período de 1988 a 2008 e tem como principal objetivo servir de subsídio para o maior entendimento da literatura existente sobre o tema. Os pontos mais importantes que se destacam na estruturação dos trabalhos são:

- a) Vários autores desenvolveram estudos sobre a redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM com o objetivo de demonstrar a utilização do tempo como importante arma competitiva, por meio de suas principais vantagens, além de identificar como e porque as empresas devem adotar essas abordagens (Bower e Hout, 1988; Stalk, 1988; Hum e Sim, 1994; Daugherty e Pihman, 1995; Tersine e Hummingburd, 1995; Grubb, 1998; Rondeau; Vonderembse e Ragu-Nathan, 2002);
- b) Muitos autores focalizam e investigam aspectos do processo da implementação da TBC/MR e QRM. Dentro desse contexto, existem duas vertentes de pensamento. A primeira delas busca a implementação de uma série de conceitos e ferramentas já existentes (Carter, Melnyk e Handfield, 1995; Sim e Curatola, 1999; Welker e Vries, 2005). Já a segunda, acredita no surgimento de importantes conceitos e ferramentas aplicáveis a realidade das empresas que atuam em mercados exigentes e estáveis (Atkinson, 1990; Suri, Veerammi e Church, 1995; Suri, 1998 a e b; Gindy, 1999; Harding, 2002; Ranga e Dwividi, 2003; Suri e Krishnamurthy, 2003; Turner *et al.*, 2006; Saad e Gindy, 2007; Saes e Godinho Filho, 2008);
- c) Alguns autores focam em grupos específicos da empresa, tais como: escritório (Blackburn, 1992), logística internacional (Rise, 1995), cadeia de suprimentos (Rich e

Hines, 1997; Ericksen e Suri, 2001; Ericksen *et al.*, 2005; Birtwistle, Fiorito e Moore, 2006);

d) Vários autores buscam identificar características do ambiente de produção e desenvolver seus próprios métodos e estruturas para o estudo da redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM. São eles: Bartezzaghi, Spina e Vergante, 1993; Buzzacott, 1995; Gehani, 1995; Bozarth e Chapman, 1996; Pragman, 1996; Koufteros, Vanderembse e Doll, 1998; Brennan e Foroughi, 1999; Toni e Meneghetti, 2000; Tubino e Suri, 2000; Gaimon e Burgess, 2003; Jonhson, 2003; Nahm *et al.*, 2004; Fernandes e Carmo-Silva, 2005; Holweg, 2005;

e) Alguns autores focam o tema dentro do contexto específico de certos países, como, por exemplo: Estados Unidos (Udo e Grantt, 1993), Brasil (Rohr e Côrrea, 1998) e Tailândia (Kritchanchai e MacCarthy, 1999);

f) Outros autores desenvolveram índices que permitem mensurar o desempenho e a redução do *lead time* (Kumar e Montwani, 1995; Vickery, Yeomans e Markland, 1995; Tammelo, Canem e Helo, 2008; Selito e Walter, 2008);

g) Por fim, alguns autores focam segmentos de mercado específicos, tais como: empresas de alumínio (Meyer e Montwani, 1995), setor automotivo (Jayaram *et al.* 1999; Waller, 2004), segmento aeroespacial (Mosher e Stucker, 2003), setor do vestuário (Sullevan e Kang, 1999; Fernie e Azuma, 2003), materiais de escrita (Dibrell, Davis e Danskin, 2005) e setor de serigrafia (Fouchal e Deckens, 2007).

3.7 ANÁLISES QUANTITATIVAS SOBRE O TEMA REDUÇÃO DO *LEAD TIME* NO CONTEXTO DA TBC/MR E DO QRM

As análises quantitativas permitem extrair importantes informações sobre o tema estudado nos 56 trabalhos levantados. Essas informações podem ser melhor entendidas por meio de análises quantitativas que são realizadas com base nos cinco critérios de classificação propostos:

- 1) Abordagem de pesquisa adotada nos trabalhos pesquisados;
- 2) Método de pesquisa utilizado nos trabalhos pesquisados;
- 3) Abrangência dos trabalhos pesquisados;
- 4) Princípios e ferramentas do TBC/MR e QRM utilizados nos trabalhos pesquisados;

5) Contribuições dos trabalhos pesquisados.

Neste ponto é importante observar que estas análises são divididas em três categorias: análise critério a critério, análise temporal e correlações. A primeira categoria das análises identifica e quantifica, de forma isolada, cada um dos cinco critérios expostos anteriormente. A segunda busca estabelecer uma análise temporal entre os critérios. Já a última, busca identificar correlações entre esses critérios.

3.7.1 Análise critério a critério

As análises critério a critério têm por objetivo verificar qual a frequência de cada um dos cinco critérios de pesquisa dentro da literatura estudada. Nessa categoria, o primeiro critério a ser analisado é a abordagem de pesquisa adotada que estabelece o número de trabalhos para cada abordagem: 42 trabalhos qualitativos e 14 trabalhos quantitativos. A figura 3.2 mostra essa relação.

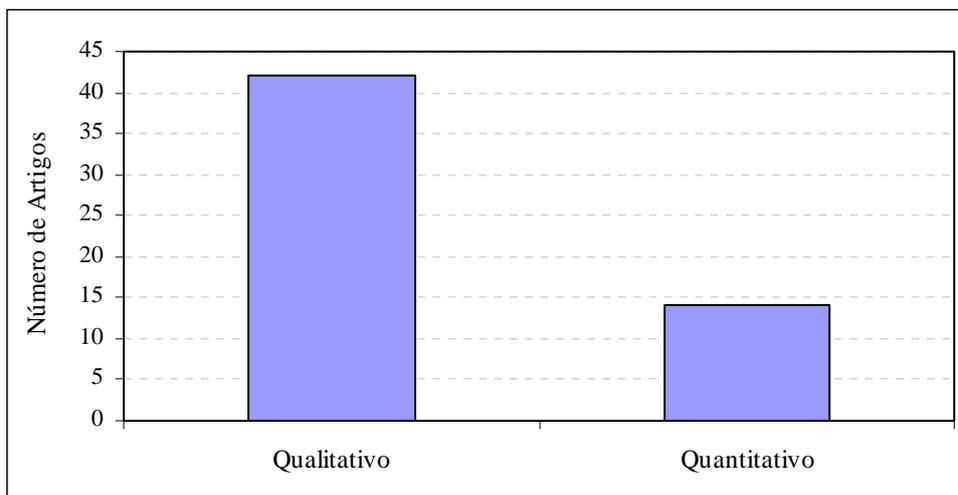


FIGURA 3.2: Número de trabalhos de acordo com a abordagem adotada.

Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2003)

Com base na figura 3.2, é possível estabelecer que 75% dos trabalhos são qualitativos, ou seja, utilizam como método de pesquisa a revisão bibliográfica, ou o estudo de caso, ou a pesquisa-ação. Já os outros 25% dos trabalhos são quantitativos, ou seja, abordam os métodos *survey* ou modelagem/simulação.

As considerações em relação ao segundo critério, método de pesquisa, completam a primeira, uma vez que especifica os métodos adotados dentro de cada abordagem. A figura 3.3 possibilita algumas importantes considerações.

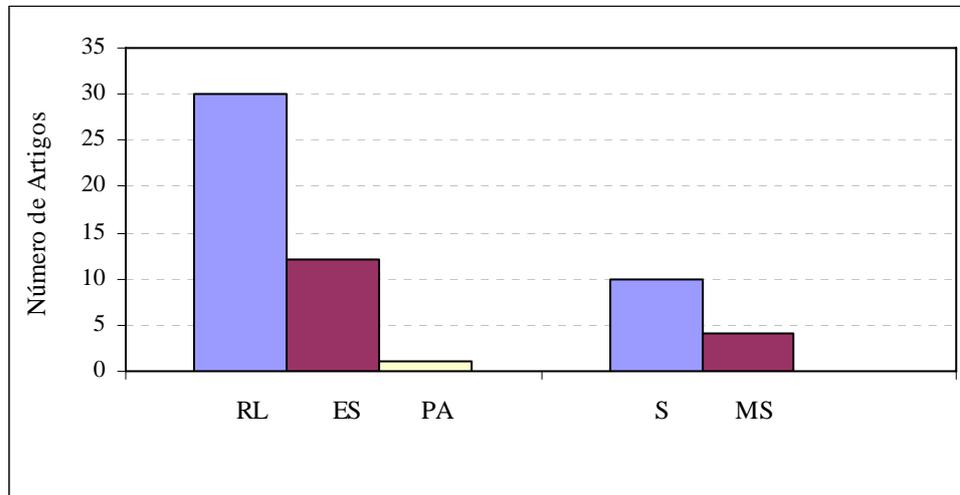


FIGURA 3.3: Número de artigos de acordo com o método empregado.

Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2003)

A figura 3.3 permite estabelecer que, dos 42 trabalhos qualitativos, 70% utilizam o método de revisão da literatura, 29 % utilizam o estudo de caso e 0%, a pesquisa-ação. Já em relação aos trabalhos quantitativos, tem-se que, aproximadamente, 71% deles sejam *surveys* e 29% modelagem/simulação.

Já as considerações sobre a abrangência dos trabalhos, apresentada pela figura 3.4, permitem identificar quais grupos de uma empresa são mais e menos pesquisados.

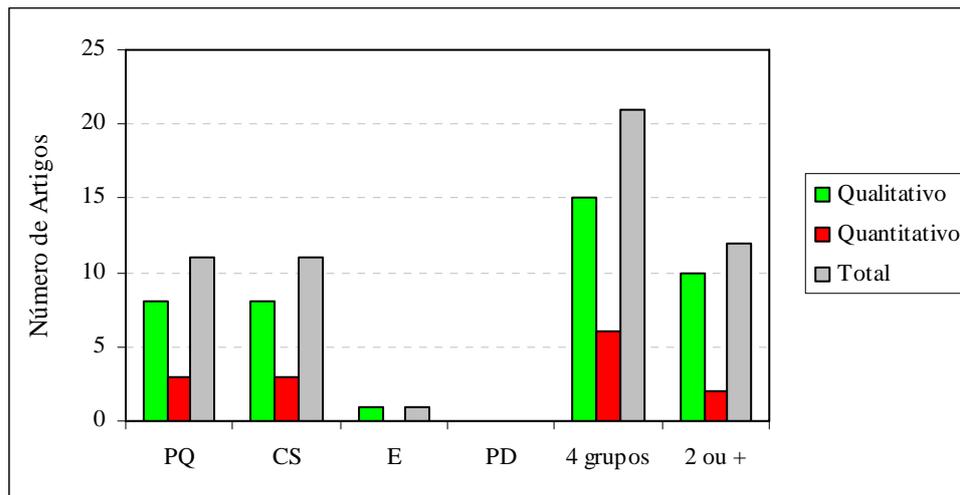


FIGURA 3.4: Número de artigos por abordagem e abrangência.

Fonte: Adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2003)

Com base nos dados mostrados na figura 3.4, é possível identificar a representatividade de cada grupo e, também, a representatividade da combinação de um ou mais grupos de uma empresa. Isso possibilitou estabelecer seis classes de classes de grupos, são elas:

- a) Foco somente na Produção/ Qualidade (PQ): essa categoria apresenta, aproximadamente, 20% do total de trabalhos, sendo que, 14% são trabalhos qualitativos e 5% quantitativos;
- b) Foco somente na Cadeia de Suprimentos/Logística (CS): a totalidade dos trabalhos nessa categoria é de 20%, dos quais 14% são qualitativos e 5% quantitativos;
- c) Foco somente no Escritório/Atividades de Apoio (E): aqui estão apenas 2% do total de trabalhos que, por sua vez, representam os trabalhos qualitativos, já que não foram encontrados trabalhos quantitativos nessa categoria;
- d) Foco somente na Pesquisa e Desenvolvimento (PD): nessa categoria não foi encontrado nenhum trabalho;
- e) Foco nas quatro principais grupos de uma empresa (PQ-CS-E-PQ): essa categoria contempla o maior percentual de artigos, totalizando, aproximadamente, 38%. A maior parte deles é qualitativo, totalizando 25%. Já os artigos quantitativos representam 13%.
- f) Foco em dois ou três grupos de uma empresa: essa categoria representa 21% dos artigos: 18% qualitativos e 3% quantitativos.

Aqui é importante observar que, em relação às seis classes de grupos encontradas, a mais representativa é a que aborda os quatro grupos (PQ-CS-E-PQ), tanto para

os trabalhos qualitativos como para os quantitativos, respectivamente 26% e 13%. Essa constatação, no entanto, conduz à identificação dos grupos mais e dos menos focados dentro da classe de dois ou três grupos, a fim de identificar o grupo mais e o menos focado entre todos os trabalhos. Para isso, a figura 3.4 e as tabelas 3.4 e 3.5 foram estudadas, dando origem à tabela 3.6.

TABELA 3.6: Combinação de dois ou três grupos

	PQ-CS	CS-E	PQ-PD	PQ-CS-E	PQ-CS-PQ
Qualitativo	3	2	1	3	1
Quantitativo	0	0	1	0	1
Total	3	2	2	3	2

Fonte: AUTOR

Os resultados da figura 3.4 e da tabela 3.6 possibilitam elencar o grupo Cadeia de Suprimentos/Logística o mais pesquisado para os trabalhos qualitativos, sendo focado em 32 (8 foco somente CS + 15 PQ-CS-E-PD + 3 PQ-CS+ 2 CS-E + 3 PQ-CS-E + 1 PQ-CS-PQ) dos 42 artigos analisados, seguido pelo grupo Produção/Qualidade, que é focado em 30 trabalhos. Já nos trabalhos quantitativos, o grupo de Produção/Qualidade é o mais pesquisado, cuja soma totaliza 11 trabalhos dos 14 analisados. Depois, aparece o grupo Cadeia de Suprimentos/Logística com 9 trabalhos. Em relação ao grupo menos pesquisado, tem-se o grupo de Pesquisa e Desenvolvimento para os trabalhos qualitativos (17 artigos) e o grupo Escritório/Atividades de Apoio para os trabalhos quantitativos (6 artigos). Aqui é importante observar que existem possíveis classes de grupos que não foram estudadas, tais como: PQ-E; CS-E; CS-PD; E-PD.

A quarta análise possibilita quantificar o número e a frequência dos trabalhos que abordam cada um dos princípios de redução do *lead time* dentro do escopo da TBC/MR e do QRM. Para facilitar o entendimento, os princípios são apresentados de acordo com os códigos definidos na tabela 3.1. A tabela 3.7 mostra esta quarta análise para os trabalhos qualitativos.

TABELA 3.7: Número e frequência dos trabalhos qualitativos relacionados a cada princípio.

Princípio	Número de trabalhos qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos Qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos
-----------	----------------------------------	--	-----------	----------------------------------	--

CP₇ - Estratégia focada na redução do <i>lead-time</i>	31	54%	CP₁₅ - Motivação/ treinamento	8	12%
CP₁₈ - Redução de WIP	20	35%	CP₂ - Cultura da velocidade	4	7%
CP₉ - Fornecedores Parceiros	17	30%	CP₃ - Eliminação de Atividades que não agrega valor	4	7%
CP₂₀ -Uso da tecnologia e sistemas de Informação	15	26%	CP₄ - Eliminar a variabilidade do processo	4	7%
CP₁₇ - Redução de <i>set up</i>	14	24%	CP₅ -Entender a variabilidade estratégica	4	7%
CP₈ - Flexibilidade do processo	12	21%	CP₁₃ - Medidas focadas no tempo	4	7%
CP₁ - Clientes parceiros	10	18%	CP₁₂ - 70 a 80% da utilização da capacidade dos recursos	4	5%
CP₁₄ - Melhoria Contínua	11	18%	CP₆ - Entender as relações entre variáveis do chão-de-fábrica	3	4%
CP₁₆ - Redução do tamanho do lote	10	18%	CP₁₉ - Busca pelo tamanho de lote ótimo	3	4%
CP₁₀ - Introdução rápida de novos produtos	9	16%	CP₁₁ - 100% de utilização da capacidade de recursos	1	2%

Fonte: AUTOR

Com base na tabela 3.7, é possível estabelecer que o CP₇ (estratégia focada na redução do *lead time*) é o princípio mais estudado entre os trabalhos qualitativos, representando 54% do total de trabalhos. Outros princípios bastante estudados são: o CP₁₈ (redução de WIP) com 35%, o CP₉ (fornecedores parceiros) representando 30%, o CP₂₀ (uso da tecnologia e sistema de informação) com 26%, o CP₁₇ (redução de *set up*) com 24% e o CP₈ (flexibilidade no processo) que representa 21%. Os princípios CP₁₆, CP₁₄, CP₁, CP₁₀ e CP₁₅ representam de 18% a 12% do total de trabalhos. Os demais princípios representam menos de 8% do mesmo total. Aqui é importante observar que o princípio CP₁₁ (manter os recursos

produtivos com 100% de utilização de sua capacidade) é o menos estudado com apenas 2%, ou seja, foi focado em apenas 1 dos 45 trabalhos qualitativos analisados.

Já o número e a frequência dos princípios encontrados nos trabalhos quantitativos podem ser identificados pela tabela 3.8.

TABELA 3.8: Número e frequência dos trabalhos quantitativos relacionados a cada princípio.

Princípio	Número de trabalhos qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos
CP ₇ - Estratégia focada na redução do <i>lead-time</i>	9	64%	CP ₂ - Cultura da velocidade	0	0%
CP ₉ - Fornecedores Parceiros	5	35%	CP ₃ - Eliminação de Atividades que não agrega valor	0	0%
CP ₂₀ -Uso da tecnologia e sistemas de Informação	5	35%	CP ₄ - Eliminar a variabilidade do processo	0	0%
CP ₁ - Clientes parceiros	4	29%	CP ₅ -Entender a variabilidade estratégica	0	0%
CP ₁₄ - Melhoria Contínua	4	29%	CP ₆ - Entender as relações entre variáveis do chão-de-fábrica	0	0%
CP ₁₈ - Redução de WIP	4	29%	CP ₂ - Cultura da velocidade	0	0%
CP ₈ - Flexibilidade do processo	3	21%	CP ₁₁ - 100% de utilização da capacidade de recursos	0	0%
CP ₁₇ - Redução de <i>set up</i>	3	21%	CP ₁₂ - 70 a 80% da utilização da capacidade dos recursos	0	0%
CP ₁₀ - Introdução rápida de novos produtos	1	7%	CP ₁₆ - Redução do tamanho do lote	0	0%
CP ₁₃ - Medidas focadas no tempo	1	7%	CP ₁₉ - Busca pelo tamanho de lote ótimo	0	0%

Fonte: AUTOR

A tabela 3.8 mostra que o princípio mais estudado para os trabalhos quantitativos é o CP₇ (estratégia focada na redução do *lead time*), totalizando 64%. Os princípios CP₉ (fornecedores parceiros) e CP₂₀ (uso da tecnologia e sistema de informação) representam 35%. Os princípios CP₁ (clientes parceiros), CP₁₄ (melhoria contínua) e CP₁₈ (redução do WIP) representam 29% e os CP₈ e CP₁₇ foram identificados em 21% do total de artigos pesquisados. Já os princípios CP₁₀, CP₁₃ e CP₁₅, foram focados uma única vez, totalizando 7%. Os outros 10 princípios não foram focados em nenhum dos trabalhos quantitativos pesquisados.

O estudo conjunto das tabelas 3.7 e 3.8 permitem identificar os princípios mais e menos estudados entre ambas às abordagens (qualitativa e quantitativa). A tabela 3.9 mostra os cinco princípios mais estudados de ambas às abordagens.

TABELA 3.8: Os cinco princípios mais focados nos trabalhos qualitativos e quantitativos.

Qualitativos		Quantitativos	
Princípio	Número de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos
CP ₇ - Estratégia focada na redução do <i>lead-time</i>	31	CP ₇ - Estratégia focada na redução do <i>lead-time</i>	9
CP ₁₈ - Redução de WIP	20	CP ₉ -Fornecedores Parceiros	5
CP ₉ -Fornecedores Parceiros	17	CP ₂₀ -Uso da tecnologia e sistemas de Informação	5
CP ₂₀ -Uso da tecnologia e sistemas de Informação	15	CP ₁ - Clientes parceiros	4
CP ₁₇ - Redução de <i>set up</i>	14	CP ₁₄ - Melhoria Contínua	4
CP ₈ - Flexibilidade do processo	12	CP ₁₈ - Redução de WIP	4

Fonte: AUTOR

Com base na tabela 3.8 é possível identificar quais dos cinco princípios aparecem com maior frequência em ambas às abordagens. São eles:

- 1) CP₇ (estratégia focada na redução do *lead time*): esse princípio ocupa a primeira posição, pois é focado em 40 trabalhos do total. Isso representa uma frequência de 71%;
- 2) CP₁₈ (redução do WIP): esse princípio é focado em 24 trabalhos, ou seja, 43% do total deles;
- 3) CP₉ (fornecedores parceiros): a frequência desse princípio é de 40% do total de trabalhos, o que representa 22 trabalhos;

- 4) CP₂₀ (uso da tecnologia de informação): esse princípio é focado em 20 trabalhos do total, o que representa 35%;
- 5) CP₁₇ (redução do *set up*): esse princípio ocupa a quinta posição, sua representatividade é de 25% do total, ou seja, 14 trabalhos.

Já a tabela 3.9 mostra alguns dos princípios menos estudados de ambas às abordagens.

TABELA 3.9: Alguns princípios menos focados nos trabalhos qualitativos e quantitativos.

Qualitativos		Quantitativos	
Princípio	Número de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos
CP ₁₁ - 100% de utilização da capacidade de recursos	1	CP ₂ - Cultura da velocidade	0
CP ₆ - Entender as relações entre variáveis do chão-de-fábrica	3	CP ₃ - Eliminação de Atividades que não agrega valor	0
CP ₁₉ - Busca pelo tamanho de lote ótimo	3	CP ₄ - Eliminar a variabilidade do processo	0
CP ₁₂ - 70 a 80% da utilização da capacidade dos recursos	4	CP ₅ -Entender a variabilidade estratégica	0
CP ₂ - Cultura da velocidade	4	CP ₆ - Entender as relações entre variáveis do chão-de-fábrica	0
CP ₃ - Eliminação de Atividades que não agrega valor	4	CP ₁₁ - 100% de utilização da capacidade de recursos	0
CP ₄ - Eliminar a variabilidade do processo	4	CP ₁₂ - 70 a 80% da utilização da capacidade dos recursos	0
CP ₅ -Entender a variabilidade estratégica	4	CP ₁₆ - Redução do tamanho do lote	0
CP ₁₃ - Medidas focadas no tempo	5	CP ₁₉ - Busca pelo tamanho de lote ótimo	0

Fonte: AUTOR

Os dados apresentados na tabela 3.9 permitem identificar os princípios menos estudados das duas abordagens, assim como foi feito na análise anterior. Neste ponto, é importante observar que os cinco princípios menos focados estão relacionados à abordagem QRM que surge oficialmente apenas no final da década de 90. Dessa forma, tem-se que esses princípios são:

CP₁₁ (manter os recursos produtivos com 100% de utilização de sua capacidade): esse princípio é focado em um único trabalho, o que representa aproximadamente 2% do total de trabalhos;

- a) CP₆ (entender a relação entre variáveis do chão-de-fábrica por meio de uma abordagem científica): a frequência desse princípio é 5%, sendo focado em 3 do total de 56 trabalhos identificados;
- b) CP₁₉ (utilização de ferramentas que identifiquem o tamanho e lote ótimo para a redução do *lead time*): esse princípio é focado em 3 trabalhos, assim como o princípio CP₆;
- c) CP₁₂ (manter os recursos produtivos entre 70 e 80% de sua capacidade): 4 trabalhos focam esse princípio, representado 7% do total de trabalho;
- d) CP₂ (cultura da velocidade): esse princípio também representa 7%, assim como o princípio CP₁₂ e os princípios CP₃, CP₄ e CP₅.

No que se refere ao quarto critério de classificação dessa pesquisa, (princípios e ferramentas do TBC, MR e QRM utilizados nos artigos pesquisados) os trabalhos são quantificadas de acordo com sua abordagem e suas ferramentas. A tabela 3.10 mostra em ordem crescente o número e a frequência de cada ferramenta dos trabalhos qualitativos.

TABELA 3.10: Número e frequência dos trabalhos qualitativos relacionados a cada ferramenta.

Ferramenta	Número de trabalhos qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos qualitativos	Ferramenta	Número de trabalhos qualitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos Qualitativos
CF ₃ - Células do chão-de-fábrica	14	33%	CF ₂₉ - Recompensar as reduções de <i>lead time</i>	3	7%
CF ₃₄ -Times	9	21%	CF ₂₄ - Proximidade com fornecedores	2	5%
CF ₉ - <i>Empowerment</i>	8	19%	CF ₂₅ - QFD	2	5%
CF ₂₁ - Padronização do Processo	8	19%	CF ₃₀ - SMED	2	5%
CF ₂ - CAD/CAM	7	17%	CF ₇ - D/A	1	2%
CF ₁₆ - JIT	7	17%	CF ₂₂ - Produção puxada	1	2%
CF ₈ - EDI	6	14%	CF ₁₁ - ERP	1	2%
CF ₁₉ - HL/MRP	6	14%	CF ₁₂ - Espiral do Tempo de Resposta	1	2%
CF ₆ - <i>Cross-trained</i>	5	12%	CF ₁₄ - FTMS	1	2%

CF ₂₃ -POLCA	5	12%	CF ₂₆ - Número QRM	1	2%
CF ₁ - Automação	4	10%	CF ₃₁ - <i>System Dynamics</i>	1	2%
CF ₁₀ -Engenharia Simultânea	4	10%	CF ₄ - Células de escritório	0	0%
CF ₁₃ - Fornecedores Certificados	4	10%	CF ₅ - CPFRR	0	0%
CF ₁₇ -Mapeamento do MCT	4	10%	CF ₁₈ - MRP	0	0%
CF ₂₀ - <i>Onwership</i>	4	10%	CF ₂₇ - QRM detetive	0	0%
CF ₃₂ - Ferramenta de Modelagem Rápida	4	10%	CF ₂₈ - Regra do máximo um	0	0%
CF ₁₅ - Gerenciamento Visual	3	7%	CF ₃₃ - <i>Tagging</i>	0	0%

Fonte: AUTOR

A tabela mostra que a ferramenta mais usada é a CF₃ (células de chão-de-fábrica), representando 33% do total de ferramentas focadas nos trabalhos qualitativos. Outras ferramentas bastante focadas são: CF₃₄ (times), que representa 21%; CF₉ (*empowerment*) e CF₂₁ (padronização do processo) que são focados em 8 trabalhos, ou seja, 19%; CF₂ (CAD/CAM) e CF₁₆ (JIT), que representam 17%. Um percentual de 29% do total de ferramentas apresenta uma representatividade de 14% e 10%. Outros 35% do total de ferramentas foram focadas de 3% a 1% do total de trabalhos. Já as ferramentas CF₄, CF₅, CF₁₈, CF₂₇, CF₂₈ e CF₃₃ não foram focadas em nenhum dos 42 trabalhos qualitativos.

Os dados quantitativos referentes às ferramentas focadas nos trabalhos quantitativos são apresentados em ordem crescente na tabela 3.1.

TABELA 3.10: Número e frequência dos trabalhos quantitativos relacionados a cada ferramenta.

Ferramenta	Número de trabalhos quantitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos quantitativos	Ferramenta	Número de trabalhos quantitativos	Porcentagem em relação ao total de trabalhos Quantitativos
CF ₈ - EDI	4	28%	CF ₁₂ - Espiral do Tempo de Resposta	0	0%
CF ₁ - Automação	3	21%	CF ₁₃ - Fornecedores Certificados	0	0%
CF ₂ - CAD/CAM	3	21%	CF ₁₄ - FTMS	0	0%

CF ₇ - D/A	3	21%	CF ₁₅ - Gerenciamento Visual	0	0%
CF ₃₄ -Times	3	21%	CF ₁₇ -Mapeamento do MCT	0	0%
CF ₁₆ - JIT	2	14%	CF ₁₉ - HL/MRP	0	0%
CF ₂₁ - Padronização do Processo	2	14%	CF ₂₀ - <i>Onwership</i>	0	0%
CF ₃ - Células do chão-de-fábrica	1	7%	CF ₂₄ - Proximidade com fornecedores	0	0%
CF ₅ - CPFR	1	7%	CF ₂₅ - QFD	0	0%
CF ₉ - <i>Empowerment</i>	1	7%	CF ₂₆ - Número QRM	0	0%
CF ₁₀ -Engenharia Simultânea	1	7%	CF ₂₇ - QRM detetive	0	0%
CF ₁₈ - MRP	1	7%	CF ₂₈ - Regra do máximo um	0	0%
CF ₂₂ - Produção puxada	1	7%	CF ₂₉ - Recompensar as reduções de <i>lead time</i>	0	0%
CF ₂₃ -POLCA	1	7%	CF ₃₀ - SMED	0	0%
CF ₄ - Células de escritório	0	0%	CF ₃₁ - <i>System Dynamics</i>	0	0%
CF ₆ - <i>Cross-trained</i>	0	0%	CF ₃₂ - Ferramenta de Modelagem Rápida	0	0%
CF ₁₁ - ERP	0	0%	CF ₃₃ - <i>Tagging</i>	0	0%

Fonte: AUTOR

Com base na tabela 3.11, é possível identificar que a ferramenta mais focada entre os 14 trabalhos quantitativos é a CF₈ (EDI), com 28%. As ferramentas CF₁, CF₂, CF₇ e CF₃₄ apresentam a mesma representatividade, 21%. Já as ferramentas CF₃, CF₅, CF₉, CF₁₀, CF₁₈, CF₂₂ e CF₂₃ são focadas em apenas 7% do total de trabalhos. Um grande percentual de ferramentas, 59% do total, não foi focado em nenhum dos trabalhos quantitativos.

As análises das tabelas 3.10 e 3.11 permitem elencar as ferramentas mais e menos focadas entre as duas abordagens de pesquisa. A tabela 3.12 mostra algumas das ferramentas mais estudadas do total de trabalhos analisados (56 trabalhos).

TABELA 3.12: Algumas ferramentas mais focadas nos trabalhos qualitativos e quantitativos.

Qualitativos		Quantitativos	
Princípio	Número de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos
CF ₃ - Células do chão-	14	CF ₈ - EDI	4

de-fábrica			
CF ₃₄ -Times	9	CF ₁ - Automação	3
CF ₉ - Empowerment	8	CF ₂ - CAD/CAM	3
CF ₂₁ - Padronização do Processo	8	CF ₇ - D/A	3
CF ₂ - CAD/CAM	7	CF ₃₄ -Times	3
CF ₁₆ - JIT	7	CF ₁₆ - JIT	2
		CF ₂₁ - Padronização do Processo	2

Fonte: AUTOR

Os dados apresentados na tabela 3.12 possibilitam identificar as cinco ferramentas mais focadas do total de trabalhos analisados. Aqui é importante observar que as ferramentas que possuem a mesma representatividade são ordenadas de acordo com a sua numeração de identificação. Dessa forma, tem-se:

- CF₃ (células do chão-de-fábrica): essa ferramenta é a mais focada do total de trabalhos, representado 25%;
- CF₃₄ (times): a ferramenta é focada em 12 trabalhos no total, ou seja, 21%;
- CF₂ (CAD/CAM): essa ferramenta é focada em 10 trabalhos, ou seja, totalizando 18% deles;
- CF₁₆ (JIT): a quarta das cinco ferramentas mais focadas representa 18% do total de trabalhos, a mesma representatividade que a terceira ferramenta;
- CF₂₁ (padronização do processo): a última ferramenta também representa 18% do total de trabalhos, assim como as duas anteriores.

Em relação às ferramentas menos focadas do total de trabalhos analisados, são elencadas seis delas comuns a ambas as abordagens, uma vez que um grande número de ferramentas não é focado em nenhum dos trabalhos analisados. A tabela 3.13 mostra essas seis ferramentas para ambas as abordagens.

TABELA 3.13: Algumas ferramentas menos focadas nos trabalhos qualitativos e quantitativos.

Qualitativos		Quantitativos	
Princípio	Número de trabalhos	Princípio	Número de trabalhos
CF ₄ - Células de escritório	0	CF ₄ - Células de escritório	0
CF ₅ - CPFR	0	CF ₂₇ - QRM detetive	0
CF ₁₈ - MRP	0	CF ₂₈ - Regra do	0

		máximo um	
CF ₂₇ - QRM detetive	0	CF ₃₃ - <i>Tagging</i>	0
CF ₂₈ - Regra do máximo um	0	CF ₅ - CPFR	1
CF ₃₃ - <i>Tagging</i>	0	CF ₁₈ - MRP	1

Fonte: AUTOR

A tabela 3.13 permite quantificar as seis ferramentas menos focadas do total de trabalhos. Aqui é importante observar que três dessas ferramentas estão relacionadas ao QRM aplicado às atividades de escritório e apoio, um dos grupos menos focados pelos trabalhos. As ferramentas menos focadas são:

- CF₄ (células de escritório), CF₂₇ (QRM Detetive) e CF₃₃ (*tagging*): essas ferramentas não são focadas em nenhum dos trabalhos analisados;
- CF₅ (CPFR) e CF₁₈ (MRP): cada uma dessas ferramentas é focada em apenas um dos trabalhos, o que representa 2% do total.

O último critério de classificação proposto é formado por duas categorias (Contribuição para a Prática (P) e Contribuição para a Teoria (T)) que são divididas em objetivos específicos. Esses são quantificados de acordo com seu número e frequência em cada um dos trabalhos analisados. A figura 3.5 mostra essa relação para P considerando os trabalhos qualitativos e quantitativos.

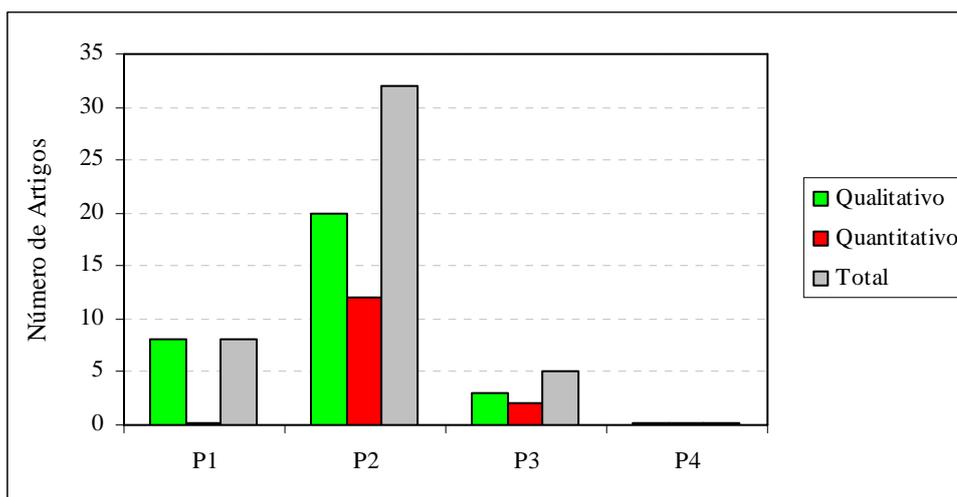


FIGURA 3.5: Número de trabalhos por objetivos específicos referentes à Contribuição para a Prática.

Fonte: AUTOR

A figura 3.5 revela as seguintes características em relação a cada um dos objetivos específicos da P:

- a) P_1 (demonstra o porquê as empresas devem reduzir o seu *lead time*): esse objetivo é mais freqüente nos trabalhos qualitativos, sendo focado em 19% do total. Já nos trabalhos quantitativos, P_1 não foi encontrado;
- b) P_2 (busca como as empresas estão reduzindo seu *lead time*, busca as melhores práticas): esse objetivo é o mais estudado de ambas as abordagens, totalizando aproximadamente 55% do total de trabalhos. Isso representa aproximadamente 48% do total de trabalhos qualitativos e 79% dos trabalhos quantitativos;
- c) P_3 (propõe aplicações): esse objetivo é alcançado em aproximadamente 7% dos trabalhos qualitativos e 14% dos trabalhos quantitativos, o que representa, aproximadamente, 9% em relação ao total de trabalhos;
- d) P_4 (aplica princípios e/ou ferramentas): esse objetivo não é focado em nenhuma das abordagens.

Já a figura 3.6 mostra o número de objetivos específicos da T de ambas as abordagens de pesquisa.

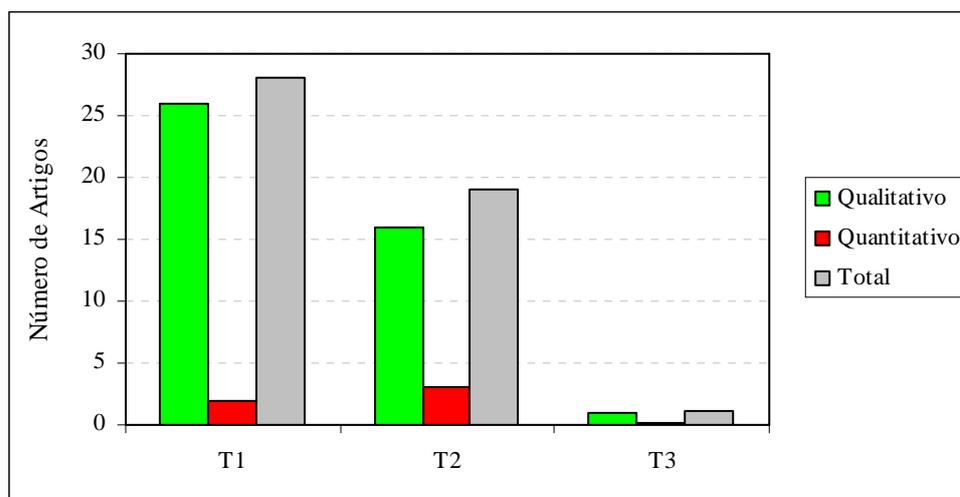


FIGURA 3.6: Número de trabalhos por objetivos específicos referentes à Contribuição para a Teoria.

Fonte: AUTOR

A figura 3.6 possibilita identificar as seguintes características relacionadas aos objetivos específicos da T:

- a) T_1 (define, esclarece e motiva): esse objetivo específico é o mais focado nos trabalhos qualitativos, totalizando 62%. Já nos trabalhos quantitativos, representa, aproximadamente, 14%. A representatividade total desse objetivo específico da T (qualitativos e quantitativos) é de, aproximadamente, 50%, ou seja, 28 trabalhos;

- b) T₂ (propõe ferramentas): esse é o segundo objetivo mais focado de ambas as abordagens, representando aproximadamente 34% do total de trabalhos;
- c) T₃ (ampla e completa revisão bibliográfica): esse objetivo foi focado em apenas um trabalho qualitativo, o que representa, aproximadamente, 2% dos trabalhos qualitativos e 1,78% do total de trabalhos.

3.7.2 Análise temporal

Esta segunda categoria de análises busca identificar o número de publicações a cada cinco anos, de acordo com os cinco critérios de pesquisa já estabelecidos e usados nas análises critério a critério. Dessa forma, têm-se quatro faixas de tempo para o período de 20 anos (1988-2008) de pesquisa sobre o tema redução do *lead time* dentro do escopo da TBC/MR e QRM.

Para dar início a esse conjunto de análises, a presente pesquisa buscou identificar o número de trabalhos qualitativos e quantitativos a cada cinco anos, conforme mostra a figura 3.7.

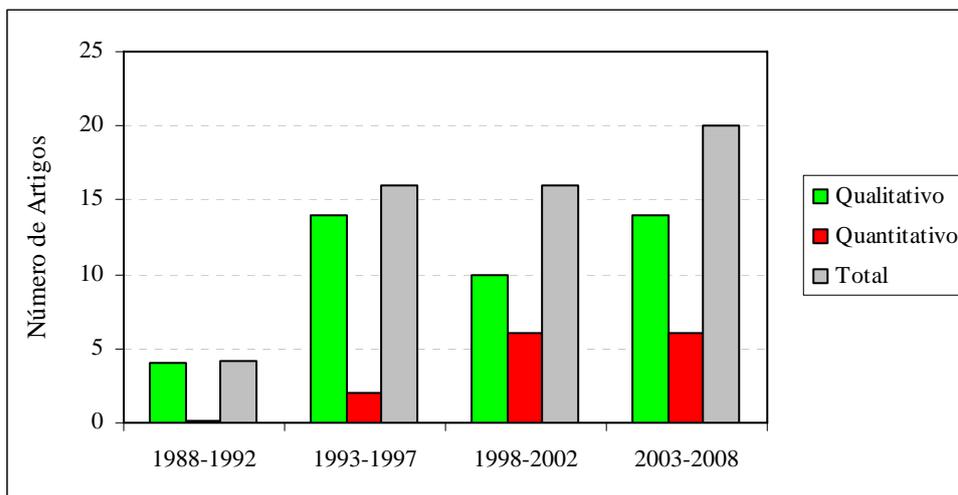


FIGURA 3.7: Número de trabalhos por abordagem de pesquisa a cada cinco anos.

Fonte: AUTOR

Com base na figura 3.7, é possível estabelecer algumas considerações a respeito do número de trabalhos por abordagem de pesquisa em cada faixa temporal estabelecida:

- a) 1988-1992: nesse primeiro intervalo nota-se que os trabalhos se concentram exclusivamente na abordagem qualitativa, cuja representatividade é de 7% do total de trabalhos (56 trabalhos);
- b) 1993-1997: nessa segunda faixa de tempo, surgem os primeiros trabalhos quantitativos (2 trabalhos) que, somados aos trabalhos qualitativos, representam 29% do total de trabalhos. Esse número de trabalhos representa um importante avanço das pesquisas sobre o tema, especificamente, um aumento de 23% no número de trabalhos comparados aos cinco anos anteriores;
- c) 1998-2002: nesse intervalo de tempo ocorreu um decréscimo de trabalhos qualitativos (28,5%) comparado ao número de trabalhos qualitativos do intervalo de tempo anterior. Já em relação aos trabalhos quantitativos, houve um aumento de 50%. A soma dos trabalhos de ambas as abordagens é de 16, ou seja, 29% do total de trabalhos foram desenvolvidos nesse intervalo de tempo;
- h) 2003- 2008: esse último intervalo de tempo apresenta a maior representatividade de trabalhos (35% do total). Destes trabalhos, aproximadamente 25% são qualitativos e 10% quantitativos.

As análises temporais referentes aos métodos de pesquisa, assim como ocorreu nas análises critério a critério, completam os estudos das análises temporais sobre as abordagens de pesquisa, conforme ilustra a figura 3.8.

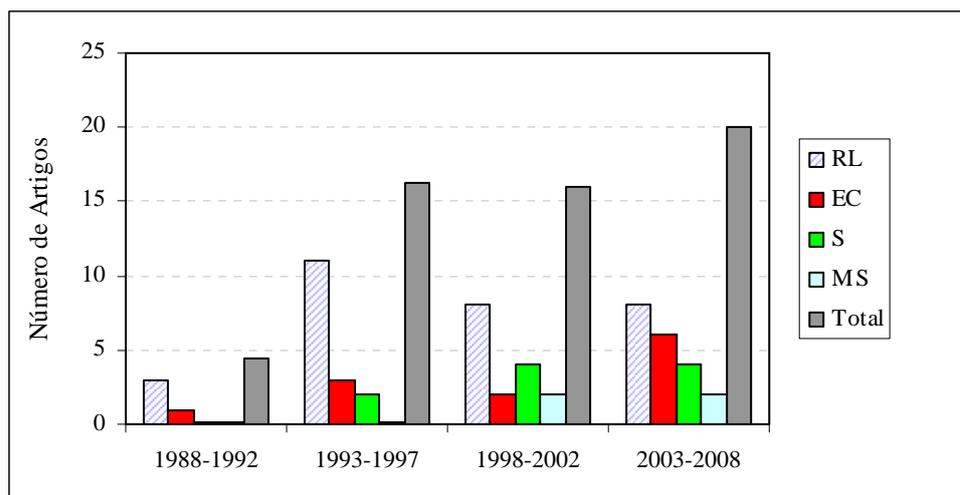


FIGURA 3.8: Número de trabalhos por método de pesquisa a cada cinco anos.

Fonte: AUTOR

A figura 3.8 permite identificar os métodos de pesquisa utilizados em cada um dos períodos determinados, bem como tecer algumas importantes informações sobre o tema:

- a) 1988-1992: esse período inicial sobre o tema é marcado por 4 trabalhos qualitativos: três trabalhos que utilizam o método da revisão da literatura (RL) e um trabalho que utiliza o estudo de caso (EC);
- b) 1993-1997: no segundo intervalo de tempo tem-se que aproximadamente 69% dos trabalhos utilizam a RL. Os outros 31% se dividem entre os métodos de EC (19%) e de *survey* (S) (12%). Isso reflete o início da consolidação do tema, permitindo novos tipos de pesquisa, tais como o EC e o S;
- c) 1998-2002: nesse período surgem trabalhos que exploram o método de pesquisa da modelagem/simulação (MS), antes não aplicado ao tema. A representatividade dos trabalhos de cada um dos métodos para esse período é de aproximadamente: 50% de RL, 13% de EC, 13% de MS e 24% de S;
- d) 2003- 2008: no último período, o número de trabalhos que utilizam o método de RL se mantém o mesmo, no entanto, sua representatividade decresce em função do aumento de trabalhos que utilizam o EC. Já o número de trabalhos que utilizam a MS e S se mantém os mesmos do período anterior. Dessa forma, tem-se que os percentuais de cada um dos métodos adotados são de: 40% de RL, 30% de EC, 10% de MS e de 20% de S.

Em relação ao terceiro critério de classificação, os números de trabalhos por abrangência são apresentados para cada intervalo de tempo determinado. Para essa análise, foi considerado o total de trabalhos por período, ou seja, a soma dos trabalhos qualitativos e quantitativos por abrangência. A figura 3.9 mostra o número de trabalhos por abrangência de pesquisa para cada cinco anos.

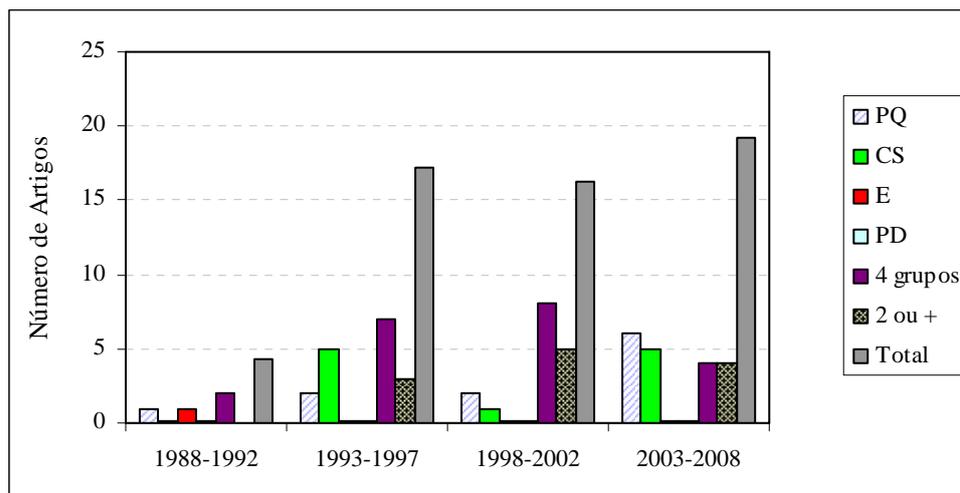


FIGURA 3.9: Número de trabalhos por abrangência de pesquisa a cada cinco anos.

Fonte: AUTOR

Com base na figura 3.9, é possível estabelecer algumas considerações sobre a abrangência dos trabalhos nos seguintes intervalos de tempo. São elas:

- a) 1988-1992: nesse período, 50% das pesquisas estão focadas na classe que aborda, de forma conjunta, os quatro grandes grupos de uma empresa (PQ-CS-E-PD). Já os outros 50%, se dividem igualmente nos grupos PQ e E. As demais três classes de grupos (CS; PD; duas ou mais áreas) não foram estudadas durante este período. Neste ponto é importante observar que o período é o único a tratar exclusivamente o grupo E;
- b) 1993-1997: esse segundo período é marcado pela difusão dos estudos sobre redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM para as outras classes de grupos. Dessa forma, tem-se que aproximadamente 41% dos trabalhos abrangem, de forma conjunta, os quatro grupos de uma empresa, 18% dos trabalhos abrangem dois ou três grupos, 12% dos trabalhos focam a PQ e 29% dos trabalhos abrangem o grupo de CS. Aqui é importante ressaltar que esse período apresenta um dos maiores percentuais de trabalhos dentre o primeiro e terceiro períodos, aproximadamente 45%, o mesmo percentual do último período deles;
- c) 1998-2002: nesse período, o número de trabalhos que abordam os quatro grupos da empresa, de forma conjunta, representa o maior percentual entre os demais, aproximadamente 50%. Esse número de trabalhos também é o maior entre os demais períodos, representado 16% do total de trabalhos. Já os grupos PQ, CS e a combinação de dois ou três grupos representam, respectivamente, 12%, 6% e 32% do total de trabalhos;

d) 2003- 2008: esse último período foca 32% dos seus trabalhos nos grupos PQ, 26% no CS, 21% nos quatro grupos da empresa e, também, 21% em dois ou três grupos. Além disso, é possível estabelecer que esse período reúne o maior número de trabalhos focados exclusivamente no grupo PQ, 55% do total de trabalhos. Neste caso, é importante ressaltar que a redução no número de trabalhos que focam, de forma conjunta, os quatro grupos da empresa indica o início do amadurecimento do tema, estágio em que estudos mais específicos são necessários.

A quarta análise temporal busca elencar os princípios e ferramentas focados para cada intervalo de tempo, considerando ambas as abordagens de pesquisa. A tabela 3.14 mostra esses princípios. Aqui é importante observar que apenas os princípios focados em um, ou mais períodos são apresentados nessa tabela.

TABELA 3.14: Princípios focados a cada cinco anos.

Ferramentas	1988-1992	1993-1997	1998-2002	2003-2008
CP₁ - Clientes parceiros	0	4	0	7
CP₂ - Cultura da velocidade	0	2	1	1
CP₃ - Eliminação de Atividades que não agrega valor	0	2	1	1
CP₄ - Eliminar a variabilidade do processo	0	2	1	1
CP₅ -Entender a variabilidade estratégica	0	1	1	2
CP₆ - Entender as relações entre variáveis do chão-de-fábrica	0	0	2	0
CP₇ - Estratégia focada na redução do <i>lead-time</i>	4	12	12	10
CP₈ - Flexibilidade do processo	2	4	3	5
CP₉ -Fornecedores Parceiros	2	7	6	7
CP₁₀ - Introdução rápida de novos produtos	0	2	3	3
CP₁₁ - 100% de utilização da capacidade de recursos	0	0	1	0
CP₁₂ - 70 a 80% da utilização da capacidade dos recursos	0	0	2	1
CP₁₃ - Medidas focadas no tempo	0	2	2	1

CP ₁₄ - Melhoria Contínua	0	4	6	4
CP ₁₅ -Motivação/ treinamento	0	3	4	1
CP ₁₆ - Redução do tamanho do lote	4	2	4	2
CP ₁₇ - Redução de <i>set up</i>	1	4	7	4
CP ₁₈ - Redução de WIP	1	4	7	6
CP ₁₉ - Busca pelo tamanho de lote ótimo	0	0	2	0
CP ₂₀ -Uso da tecnologia e sistemas de Informação	3	7	5	9

Fonte: AUTOR

A tabela 3.14 mostra que o princípio CP₇ (estratégia focada na redução do *lead time*) aparece nos quatro intervalos de tempo como o mais focado. Outras importantes informações sobre a frequência desses princípios podem ser observadas:

- a) 1988- 1992: nesse primeiro intervalo de tempo, apenas oito princípios são estudados, sendo que os mais focados entre eles são: CP₇ (anteriormente mencionado) CP₁₆ (redução dos tamanhos de lotes) e CP₂₀ (uso da tecnologia de informação). Os princípios CP₇ e o CP₁₆ aparecem em quatro trabalhos, ou seja, 21% da representatividade total para esse período. Já o CP₂₀ representa aproximadamente 21%;
- b) 1993-1997: nesse segundo período, o número de princípios estudados aumenta em 50% quando comparado ao período anterior. O princípio CP₂₀ continua como uma dos mais focados, 11%, o mesmo percentual do princípio CP₉ (fornecedores parceiros). Já o princípio mais focado, CP₇, representa aproximadamente 19% da frequência total do período;
- c) 1998-2002: no terceiro intervalo de tempo, o crescimento em relação ao número de princípios continua aumentando. São estudados, aproximadamente, 83% do total de princípios propostos. O CP₁₇ (redução de *set up*) e CP₁₈ (redução de WIP) dividem igualmente os 20% da frequência total dos princípios estudados. Já o princípio mais estudado, CP₇, representa aproximadamente 17%;
- d) 2003-2008: nesse intervalo, 18 princípios são estudados. O segundo princípio mais focado é o CP₂₀ que representa, aproximadamente, 14%. Já o terceiro princípio é o CP₁ (clientes parceiros) que divide a posição com o CP₉, cada um desses princípios representa 11%.

Ainda dentro da análise temporal do quarto critério de classificação, princípios e ferramentas, a tabela 3.15 mostra as ferramentas que são focadas para cada um

dos quatro intervalos de tempo determinados. A tabela apresenta a mesma estrutura de proposta na tabela 3.14.

TABELA 3.15: Ferramentas focadas a cada cinco anos.

Ferramentas	1988-1992	1993-1997	1998-2002	2003-2008
CF ₁ - Automação	0	0	0	2
CF ₂ - CAD/CAM	0	1	1	0
CF ₃ - Células do chão-de-fábrica	3	0	4	3
CF ₅ - CPFR	0	0	0	1
CF ₆ - <i>Cross-trained</i>	0	1	0	1
CF ₇ - D/A	0	0	0	1
CF ₈ - EDI	0	5	1	2
CF ₉ - <i>Empowerment</i>	0	2	1	0
CF ₁₀ -Engenharia Simultânea	0	4	0	0
CF ₁₁ - ERP	0	0	0	1
CF ₁₃ - Fornecedores Certificados	0	2	1	0
CF ₁₅ - Gerenciamento Visual	0	1	1	0
CF ₁₆ - JIT	2	1	4	1
CF ₁₇ -Mapeamento do MCT	0	1	1	1
CF ₁₈ - MRP	0	0	0	1
CF ₁₉ - HL/MRP	0	0	3	1
CF ₂₀ - <i>Onwership</i>	2	1	0	0
CF ₂₁ - Padronização do Processo	1	3	3	2
CF ₂₂ - Produção puxada	0	1	0	1
CF ₂₃ -POLCA	0	0	3	4
CF ₂₄ - Proximidade com fornecedores	0	0	1	1
CF ₂₅ - QFD	1	1	0	0
CF ₂₉ - Recompensar as reduções de <i>lead time</i>	1	0	0	0
CF ₃₀ - SMED	0	1	0	0
CF ₃₂ - Ferramenta de Modelagem Rápida	0	1	2	0
CF ₃₄ -Times	0	5	0	2

Fonte: AUTOR

Com bases nos dados fornecidos pela tabela 3.15, é possível estabelecer as ferramentas mais focadas para cada intervalo de tempo. São elas:

- 1988- 1992: nesse período, a ferramenta mais focada é a CF₃ (células do chão-de-fábrica), representando 30% do total de ferramentas do período. É importante observar que existe um número muito reduzido de variedade de ferramentas (CF₃, CF₁₆, CF₂₀, CF₂₁, CF₂₅ e CF₂₉) quando comparado aos demais períodos, o equivalente a 22% do total de ferramentas dos quatro períodos;
- 1993-1997: no segundo intervalo, a CF₃₄ (times) é a mais focada, representando 16% do total de ferramentas desse período. Esse período apresenta a maior variedade de ferramentas entre os quatro intervalos, aproximadamente 53%;
- 1998-2002: nesse período, três ferramentas aparecem como mais focadas: CF₃; CF₁₆ (JIT), CF₃₄. Cada uma dessas ferramentas representa, aproximadamente, 13%;
- 2003-2008: no último período, a ferramenta CF₂₃ (produção puxada e empurrada) se destaca, representando 16% do total.

Os objetivos específicos do último critério de classificação proposto, Contribuição para a Prática (P) e Contribuição para a Teoria (T), são quantificados de acordo com seu número e frequência para cada intervalo de tempo. A figura 3.10 mostra o número de trabalhos que focam cada um dos objetivos específicos da P e da T.

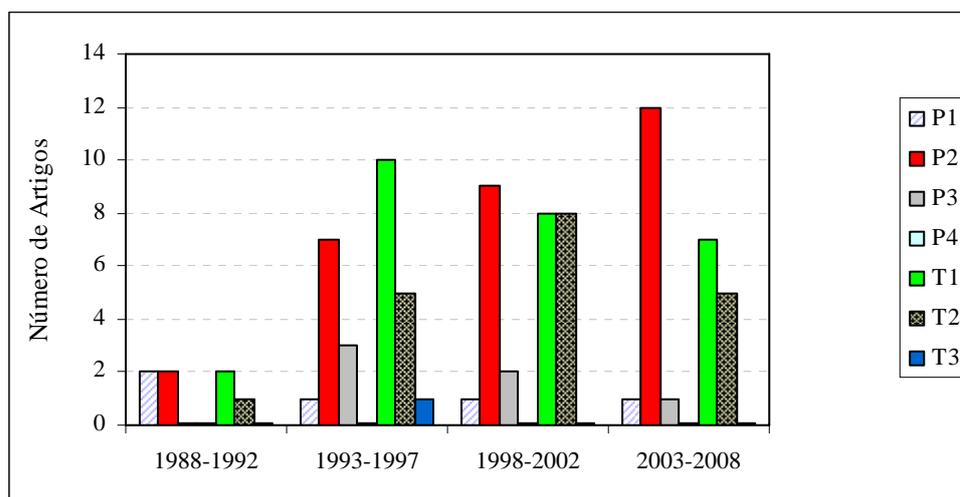


FIGURA 3.10: A contribuição dos trabalhos mais focados a cada cinco anos.

Fonte: AUTOR

A figura 3.10 permite estabelecer as seguintes considerações em relação à contribuição dos trabalhos, nos âmbitos prático e teórico:

- a) 1988- 1992: nesse período, o P₁ (demonstra o porque as empresas devem reduzir seu *lead time*), P₂ (busca como as empresas estão reduzindo seu *lead time* atrás das melhores práticas) e T₁ (define esclarece e motiva) aparecem como os objetivos específicos mais focados, cada um deles representa aproximadamente 29% do total. É importante observar que os objetivos específicos da P e T que buscam a aplicabilidade do tema não são focados, uma vez que este período se caracteriza como o estágio inicial do tema estudado;
- b) 1993-1997: no segundo intervalo, T₁ apresenta 37% e P₂ apresenta 26% do total de contribuições (T e P). A frequência de T₂ cresce em 4% quando comparada ao período anterior. Além disso, novos objetivos específicos aparecem, tais como: P₃ (propõe aplicações), T₃ (ampla e completa revisão bibliográfica), o que representa um período de expansão da literatura sobre o tema;
- c) 1998-2002: nesse período, P₂ é o objetivo específico mais focado, aproximadamente, 32%. Em seguida, tem-se T₁ e T₂ que representam, cada um, aproximadamente, 29% do total de objetivos específicos desse período;
- d) 2003-2008: no último período, P₂ também aparece como o mais focado, representando, aproximadamente, 46%.

3.7.3 Correlações

A terceira categoria de análises estabelece correlações entre os critérios, tendo como objetivo identificar *gaps* na literatura e auxiliar pesquisas futuras sobre o tema. As principais correlações encontradas são:

- a) Abordagem x Princípios: essa primeira correlação surge com base nas tabelas 3.7 e 3.8 que permitem constatar que os princípios menos focados, apenas uma única vez dos trabalhos qualitativos (CP₁₁ e CP₁₉, também aparecem como menos focados nos trabalhos quantitativos. A principal diferença entre ambas as abordagens é que o número de princípios menos focados é 50% maior nos trabalhos quantitativos. Outra importante característica é que 50% dos princípios não são focados em nenhum dos trabalhos quantitativos, à medida que, nos trabalhos qualitativos, todos os princípios são focados;
- b) Abordagem x Ferramentas: essa correlação observa, por meio das tabelas 3.9 e 3.10, que a ferramenta mais estudada nos trabalhos qualitativos (CF₃) é a menos estudada nos trabalhos quantitativos. Além disso, em relação aos trabalhos quantitativos, tem-se que,

aproximadamente, 59% das ferramentas propostas não foram estudadas. Já nos trabalhos qualitativos, esse percentual reduz para 41%;

c) Abrangência x Princípios: nessa terceira correlação é possível inferir que os grupos mais focados dos trabalhos qualitativos, CS e PQ, estão relacionados aos seus cinco princípios mais focados (CP₇, CP₈, CP₉, CP₁₇, CP₁₈ e CP₂₀), conforme mostra as análises das tabelas 3.6 e 3.7. Essa mesma correlação é identificada nos trabalhos quantitativos em relação aos seus principais grupos PQ e CS e às suas principais ferramentas (CP₁, CP₇, CP₉, CP₁₄, CP₁₈ e CP₂₀);

d) Abrangência x Ferramentas: a quarta correlação é estabelecida entre os grupos CS e PQ e as ferramentas mais focadas (CF₂, CF₃, CF₉, CF₁₆, CF₂₁ e CF₃₄) dos trabalhos qualitativos. Já nos trabalhos quantitativos, as principais ferramentas (CF₁, CF₂, CF₇, CF₈ e CF₃₄) estão relacionadas ao princípio CP₂₀, o que permite estabelecer que, para os trabalhos qualitativos, a principal forma de alcançar os princípios estabelecidos é por meio do uso da tecnologia de informação, aplicada tanto para o grupo PQ quanto para o grupo CS;

e) Abrangência x Contribuição: essas últimas correlações inferem que a maior representatividade dos trabalhos com o foco conjunto nos quatro grupos de uma empresa está relacionada à maior representatividade da contribuição P₂, bem como a T₁. Isso comprova que os estudos sobre o tema estão, na sua maioria, em um estágio de introdução, tanto para a área prática quanto para a acadêmica.

3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo teve como objetivo realizar uma ampla revisão bibliográfica sobre a redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM, no período de 1988 a 2008. A partir dessa revisão, pôde-se propor um sistema de classificação para o tema com base em cinco critérios: abordagem, método, abrangência, princípios e ferramentas e contribuições. Esse sistema foi utilizado para classificar todos os 56 trabalhos encontrados no período estudado que foram estruturados de acordo com sua abordagem e ano de publicação. Além disso, a pesquisa possibilitou a realização de análises qualitativas e quantitativas sobre o tema.

As análises qualitativas baseiam na estruturação da revisão da literatura e tem por objetivo servir como apoio para um maior entendimento da bibliografia existente sobre o tema. Os pontos mais importantes dessas análises são:

a) Os trabalhos, de forma geral, apontam para a importância do uso do tempo como arma competitiva. Também foram identificadas duas possíveis vertentes de estudos: uma que se concentra em conceitos e ferramentas já consolidados pela literatura e a outra que estuda novos conceitos e ferramentas. Além disso, diferentes grupos da empresa abordam o tema estudado, bem como diferentes segmentos da indústria. Outra importante característica está relacionada aos trabalhos que desenvolvem seus próprios métodos e estruturas para reduzir e medir o tempo. Por fim, as análises qualitativas mostraram que o tema pode ser estudado a partir de diferentes realidades e países. Isso permite que trabalhos futuros comparem esses diferentes enfoques.

Já as análises quantitativas foram divididas em três categorias: critério a critério, temporal e correlações. Os pontos que se destacam são:

a) Em relação à abordagem de pesquisa, tem-se que um pequeno percentual de trabalhos quantitativos foi desenvolvido no período estudado, apenas 26%. Desse percentual, 76% são pesquisas do tipo *Survey* e 7% Modelagem/simulação. Já nos trabalhos qualitativos, grande maioria (74%), predomina o método de Revisão da Literatura representando 52%, seguido pelo Estudo de Caso, 21%. O método de Pesquisa-Ação não foi encontrado em nenhum dos trabalhos, o que representa uma importante fonte de pesquisa. Outra importante característica sobre a abordagem é que, nos cinco primeiros anos, não foram desenvolvidos trabalhos quantitativos. Estes surgiram apenas no segundo intervalo de tempo (1993-1997) com uma pequena representatividade, 15% do total de trabalhos nesse período. Além disso, tem-se que os trabalhos quantitativos do tipo Modelagem/simulação só surgiram no terceiro intervalo de tempo (1998-2002);

b) Sobre a abrangência dos trabalhos, foi possível notar que grande parte deles aborda a redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM de uma forma geral, ou seja, focando de forma conjunta os quatro grupos da empresa. Esse enfoque chega a atingir um percentual de 50% do total de trabalhos no primeiro e no terceiro intervalo de tempo. A partir dessa constatação, foi necessária uma análise mais detalhada que permitiu estabelecer os grupos mais focados, cujo resultado mostrou que o grupo de Cadeia de Suprimentos/Logística é o mais focado nos trabalhos qualitativos e que o grupo de Produção/Qualidade é o mais focado nos trabalhos quantitativos. Já em relação aos grupos

menos focados, tem-se o grupo de Pesquisa e Desenvolvimento para os trabalhos qualitativos e o grupo de Escritório/Atividades de Apoio para os trabalhos quantitativos;

c) A respeito dos princípios tem-se que os cinco princípios mais focados (tabela 3.8) estão relacionados às cinco ferramentas mais focadas (tabela 3.9). Esses princípios e ferramentas também estão correlacionados aos grupos mais estudados, Cadeia de Suprimentos/Logística e Produção/Qualidade. Já em relação aos princípios e ferramentas menos focados, nota-se que os princípios (tabela 3.10) estão relacionados à abordagem QRM e três das ferramentas (tabela 3.11) estão relacionadas ao QRM aplicado ao escritório. É importante observar que, no primeiro intervalo de tempo (1988-1992), o percentual de princípios e ferramentas estudados foi muito pequeno, respectivamente, 33% e 30% do total. Além disso, observou-se que, embora tenha ocorrido um aumento desse percentual ao longo dos intervalos de tempo, algumas ferramentas não foram estudadas, principalmente nos trabalhos quantitativos;

d) Em relação às contribuições observou-se que a busca pela contribuição prática, cujo objetivo específico é entender como as empresas estão reduzindo seus *lead times* e buscar as melhores práticas, apresenta o maior percentual entre os trabalhos, aproximadamente 56%. Já a contribuição para a prática que aplica princípios e ferramentas não foi encontrada em nenhum dos trabalhos. Em relação à contribuição para a teoria, o objetivo que define, motiva e esclarece foi o mais focado, 49% dos trabalhos e o objetivo que busca ampliar a revisão da literatura, o menos focado, aproximadamente, 2%.

As constatações das análises indicam diversos *gaps* na literatura que se refletem nos cinco critérios analisados. Algumas categorias dentro dos critérios foram muito pouco exploradas, tais como: ferramentas e alguns princípios. Outras se mostraram totalmente inexploradas, tais como: Pesquisa-ação e foco exclusivo no grupo de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa. Além disso, nota-se, pelas análises, que o estudo sobre o tema está em um estágio de crescimento, inclusive carente de pesquisas em diversos setores. Espera-se que esse capítulo tenha contribuído para um maior entendimento sobre a redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM, além de oferecer diversas oportunidades de pesquisas futuras sobre o tema.

CAPÍTULO 4: *QUICK RESPONSE MANUFACTURING* (QRM) - CONCEITUALIZAÇÃO, PRINCÍPIOS E ANÁLISE COMPARATIVA COM A MANUFATURA ENXUTA (ME)

4.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma visão geral do método *Quick Response Manufacturing* (QRM) e de sua aplicação nas quatro grandes áreas da empresa. Além disso, o capítulo explora as semelhanças e diferenças entre o QRM e a Manufatura Enxuta (ME) em razão das confusões conceituais e práticas existentes entre ambos.

Para atingir estes objetivos, o capítulo foi estruturado da seguinte forma: a seção 4.2 apresenta de forma breve a contextualização e importância do QRM; a seção 4.3 descreve a base do QRM, os quatro conceitos-chave e os 10 princípios gerais; a seção 4.4 descreve os conceitos e ferramentas do QRM aplicados às quatro principais áreas da empresa; a seção 4.5 discorre sobre as técnicas de suporte para o método; a seção 4.6 define os passos para implementação do QRM; a seção 4.7 discute as semelhanças e diferenças entre o QRM e a ME; por fim, a seção 4.8 tece algumas considerações finais sobre os assuntos tratados nesse capítulo.

4.2 CONCEITUALIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO QRM

O QRM é uma abordagem proposta para atingir a MR em um ambiente com alta variedade de produtos. De acordo com Suri (1998), o objetivo central do QRM é a redução de *lead time* em um ambiente com alta variedade de produtos distintos (responsividade, nas palavras de Kritchanhai e MacCarthy (1998)). Para atingir esse objetivo, o QRM busca a redução de *lead time* em todos os aspectos operacionais de uma empresa, incluindo o contexto interno e o externo.

Internamente, o QRM busca suas aplicações por meio de mudanças culturais, ou seja, das políticas organizacionais. Já externamente, a abordagem visa responder as

necessidades de seus consumidores rapidamente, projetando e produzindo produtos customizados. A figura 4.1 possibilita uma visão geral desta abordagem.

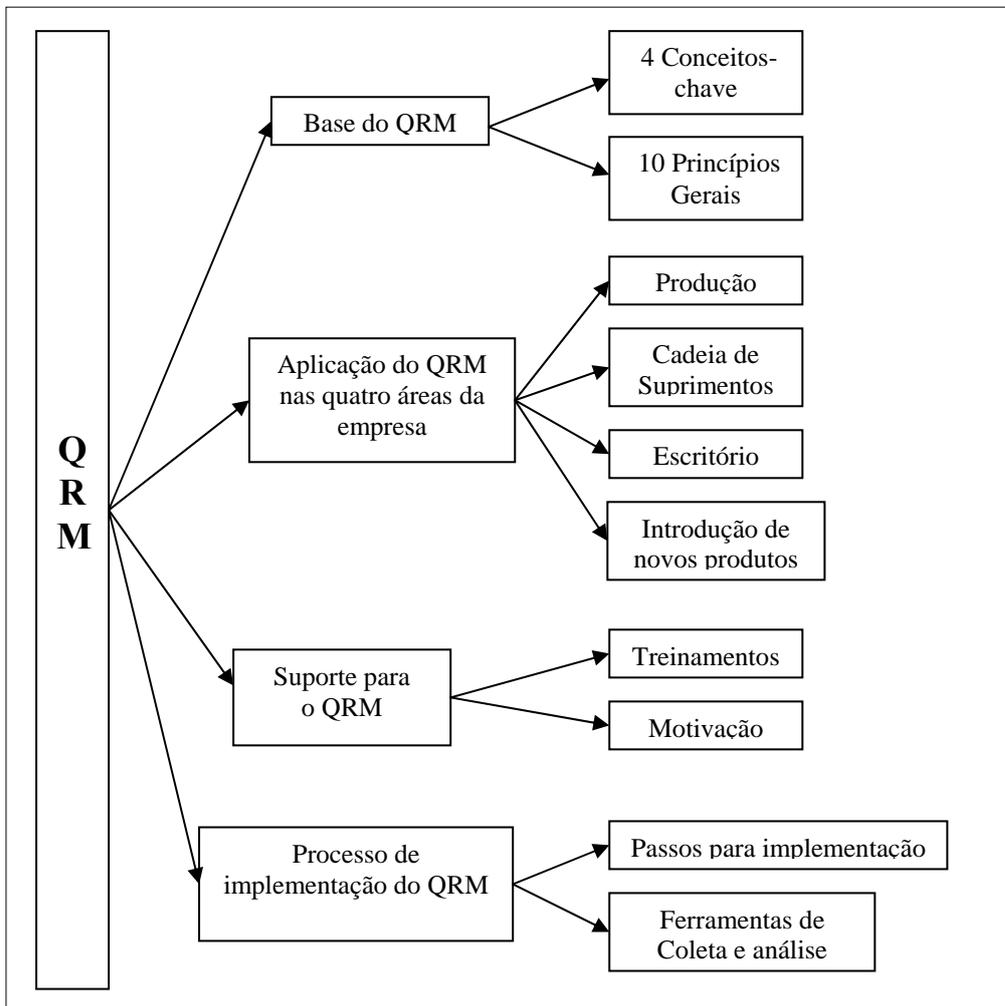


FIGURA 4.1: Visão Geral do QRM

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

A figura 4.1 mostra que a abordagem está apoiada em quatro pilares:

- a) Base do QRM: esse primeiro pilar é formado por quatro conceitos-chave e 10 princípios gerais;
- b) Aplicação do QRM nas quatro áreas da empresa: esse pilar aborda a aplicação da abordagem na área de produção, na cadeia de suprimentos, no escritório e na introdução de novos produtos;
- c) Suporte para o QRM: esse pilar utiliza-se de treinamentos e motivação para a compreensão e continuidade do QRM em toda a empresa;
- d) Processo de implementação: o último pilar faz referência aos 15 passos propostos por Suri (1998).

A implementação destes quatro pilares do QRM está relacionada a alguns conceitos e ferramentas exclusivas, no entanto, sua implementação não deve ser vista como uma iniciativa totalmente nova que requer a eliminação de todos os programas e métodos que a empresa tenha investido, tais como: *Just-in-time* (JIT), Gerenciamento da Qualidade Total (TQM) e *Kaizen*. Na verdade, o QRM desenvolve-se sobre muitas ideias adotadas nesses programas, sendo seu diferencial o foco na redução de *lead time* que traz impacto a longo-prazo em todos os aspectos da empresa (SURI, 1998).

Neste ponto, é necessário esclarecer que o conceito de *lead time* empregado nessa abordagem resulta da definição de *Manufacturing Critical-path Time* (MCT), proposta por Ericksen *et al.* (2007). Esses autores o definem o MCT como: “[...] a típica quantidade de tempo, em dias corridos, desde a criação da ordem, passando pelo caminho crítico, até que pelo menos uma peça do pedido seja entregue ao cliente”. Para mais detalhes sobre a definição, os benefícios e a comparação do conceito de MCT com o conceito tradicional de *lead time* ver Ericksen e Suri (2001) e Ericksen *et al.* (2005).

Com base nessa definição, é possível observar que as técnicas de reduções do *lead time*, obtidas via acúmulo de estoque, não são empregadas no QRM. Isso significa que as maneiras para atingir as reduções do *lead time* nessa abordagem não são tão óbvias como podem parecer. Essas reduções dependem diretamente do entendimento da dinâmica do sistema (SD -*system dynamics*) que advém da Teoria de Filas, possibilitando a compreensão das relações e interações entre variáveis do chão-de-fábrica (utilização dos setores, tempo de processo, nível de *work in process* (WIP), entre outras.)

A aplicação da abordagem QRM pode propiciar às empresas uma nova forma de competir no mercado, à medida que o QRM busca explorar o tempo como vantagem competitiva em ambientes que priorizam e valorizam a responsividade e a customabilidade. De acordo com Suri (1998), essa seria uma vantagem competitiva mais segura, pois as vantagens competitivas baseadas no preço são extremamente perigosas e exigem um grande capital para comprar máquinas de alta capacidade e as manter operando. Já as relacionadas à qualidade, podem ser consideradas como uma exigência e não mais como um diferencial competitivo.

Neste panorama, é possível observar alguns benefícios principais da implementação do QRM (SURI, 1998):

- a) Rápida introdução de novos produtos no mercado: consequência direta da redução de *lead time* no processo e na entrega de produtos;

- b) Resposta rápida na produção de produtos já existentes: o benefício é resultado da busca de novas maneiras para realizar os trabalhos com foco na redução de *lead time*;
- c) Aquisição de novos pedidos: consequência direta da rápida introdução de novos produtos e resposta rápida na produção, já que ambos melhoram a percepção do cliente em relação à empresa e possibilitam a conquista de novos mercados;
- d) Aumento no nível de Integração na empresa: resulta da busca do QRM por novos caminhos para redução de *lead time*, o que possibilita a identificação das causas de ineficiências, problemas de qualidade e desperdícios.

Além desses, outros benefícios são obtidos via aplicação dessa abordagem: eliminação dos custos associados ao atraso nas entregas, agilidade no processo, melhor desempenho, aumento no número de clientes e maior lucratividade. Este último pode ser demonstrado por meio da quantificação do impacto da redução de *lead time* no custo (seção 4.5.1).

Dessa forma, é possível estabelecer que as empresas bem sucedidas na implementação do QRM tornam-se boas competidoras em seus mercados, uma vez que entregam produtos de alta qualidade com maior agilidade do que seus concorrentes, o que torna a redução de *lead time* uma vantagem competitiva.

4.3 A BASE DO QRM

Tendo como fundamentação as diretrizes descritas, Suri (1998) estabelece a base conceitual do QRM que é formada pelos quatro conceitos-chave e pelos 10 princípios gerais.

4.3.1 Os Conceitos-chave do QRM

Para entender a base do QRM é necessário ter em mente os quatro conceitos-chave do QRM: entender e explorar o poder do tempo, alterar a estrutura organizacional para conseguir redução do *lead time*, utilização dos conceitos e ferramentas de *System Dynamics* (SD) e focar a redução do *lead time* na empresa como um todo.

4.3.1.1 Gestão focada na redução do *lead time*

No QRM, o *lead time* deve direcionar todas as atividades e objetivos da empresa: as medidas de desempenho, as estratégias e decisões adotadas dentre outras questões. Isso implica em entender e aplicar os quatro conceitos-chave e os 10 princípios gerais do QRM (seção 4.3.2).

A ausência de um desses conceitos ou princípios no projeto QRM desencadeia uma série de efeitos negativos à redução de *lead time*. Essa sucessão de efeitos negativos é o que Suri (1998) denomina de Espiral do Tempo de Resposta.

Os efeitos da Espiral de Tempo de Resposta podem ser ainda mais agravados pelas *rush orders*. Essas permitem que pedidos atrasados ou, que por alguma razão, devam ser antecipados, recebam prioridade na produção, não obedecendo à lista de pedidos existentes e, em alguns casos, interrompendo a produção de alguns pedidos já em andamento. Os efeitos das *rush orders* podem ser observados pelo atraso de alguns pedidos, pelo alto nível de WIP, entre outros.

A figura 4.2 mostra algumas das causas raízes que podem dar origem a Espiral do Tempo de Resposta.

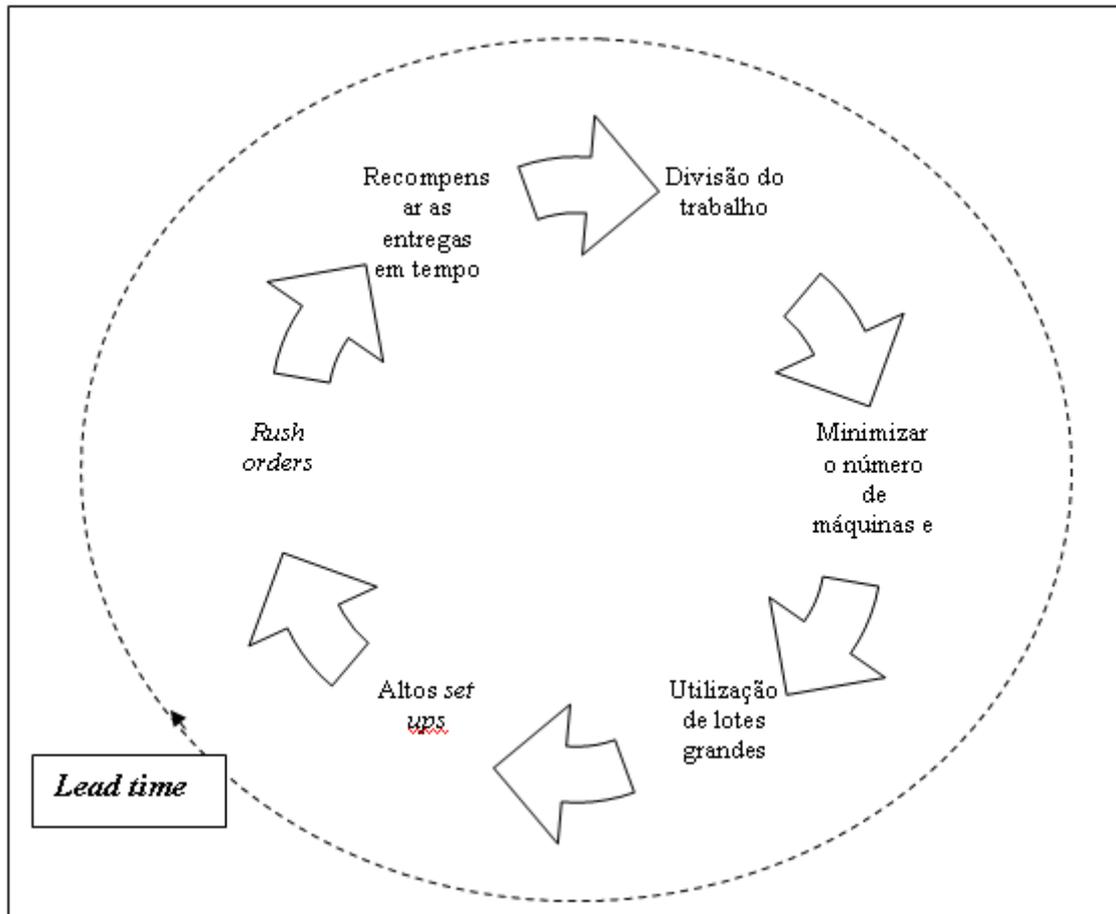


FIGURA 4.2: Causas raízes que podem dar origem a Espiral do Tempo de Resposta

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

Para inibir as causas apresentadas na figura 4.2, é necessário que os quatro conceitos-chave do QRM sejam aplicados, bem como os dez princípios gerais (seção 4.3.2). Além disso, os treinamentos e fatores motivacionais devem ser considerados (seção 4.5).

4.3.1.2 Alterar a estrutura organizacional para conseguir redução do *lead time*

Este conceito-chave está relacionado às mudanças em quatro estruturas organizacionais da empresa: *layout*, gestão, trabalhadores e mentalidade. A primeira, *layout*, será explorada na seção 4.4.1.5. As outras três são tratadas pela gestão de recursos humanos das empresas (SURI, 1998):

- a) Gestão: as organizações devem estar preparadas para gerenciar o tempo. Os seus sistemas de contabilidade e seus sistemas de recompensa não podem ser baseados no

gerenciamento do custo e escala. Esse legado prejudica o projeto QRM, à medida que aumenta a Espiral do Tempo de Resposta, já que estimula seus trabalhadores a executarem suas tarefas de forma mais rápida. Além disso, é essencial que a gestão seja descentralizada;

b) Trabalhadores: esses devem ser organizados por times de trabalhadores, ou seja, equipes de trabalhadores que buscam coordenar e controlar atividades locais. Além disso, os trabalhadores devem ser capacitados em um número maior de tarefas (*cross-trained*), evitando a especialização destas e a divisão dos mesmos. Por fim, os trabalhadores precisam assumir os processos de tomada de decisões e ações, ou seja, serem “proprietárias do processo” (*ownership*);

c) Mentalidade/Cultura: o ambiente propício ao projeto QRM exige mudanças na mentalidade organizacional. Isso significa repensar completamente a gestão da empresa e encontrar maneiras totalmente novas para executar os trabalhos com foco no *lead time*. Para que estas mudanças ocorram, é necessário que treinamentos sejam realizados em toda a organização. A seção 4.5 explora mais esse assunto.

4.3.1.3 Utilização dos conceitos e ferramentas de Dinâmica de Sistemas (SD)

A Dinâmica de Sistemas (SD) é um método de modelagem e simulação de sistemas complexos ao longo do tempo que foi desenvolvido pelo professor Jay W. Forrester, da *Sloan School*, no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Aqui cabe uma importante observação: os sistemas complexos referem-se a uma quantidade de partes ou constituintes que são dependentes entre si, em ativas e organizadas interações, coordenados para realizar determinadas finalidades, de maneira a alcançar um objetivo comum (BASTOS, 2003).

Para tratar a complexidade dos sistemas, Senge (1998) destaca a necessidade do pensamento sistêmico que diz respeito a enxergar os inter-relacionamentos existentes, a ver o todo, ao invés de eventos isolados.

Com base nestes conceitos, Suri (1998) estabelece o segundo princípio do QRM: utilização dos conceitos e ferramentas do SD. Esse princípio está relacionado ao entendimento de que o *lead time* é resultado da dinâmica e das interações entre os recursos, produtos e tarefas do sistema complexo de manufatura.

Os autores Sterman (2000) e Hopp e Spearman (2002) observam que os modelos de SD capturam as relações causais e os *feedbacks* existentes em um sistema complexo de manufatura, possibilitando aumentar o aprendizado sobre sua complexidade. Isso permite que a gestão do sistema de manufatura esteja apoiada em uma abordagem científica obtida via o SD, resultado da Teoria de Filas.

No caso específico do QRM, a ferramenta básica para entender e explorar SD é a utilização do *software* denominado MPX. Essa tecnologia permite que o *software* utilize avançados recursos da Teoria de Filas, o que possibilita, por meio de uma simulação de eventos contínuos, capturar as interações das variáveis do chão-de-fábrica: tempo de processo, tempo entre falhas, tempo de reparo, tamanho de lote produção, número de funcionários, roteiro de produção, tempo de *set up* e os componentes dos produtos.

Estes dados de entrada permitem que o *software* quantifique os principais indicadores do chão-de-fábrica, que são: utilização de recursos e mão-de-obra, níveis de WIP, e *lead time* dos produtos. Além disso, o *software* permite que o tempo gasto com espera de mão-de-obra, de equipamentos, de *set up*, de quebra e de reparo de máquinas sejam identificados, bem como suas taxas de utilização.

A figura 4.3 sintetiza os principais *inputs* e *outputs* do MPX.

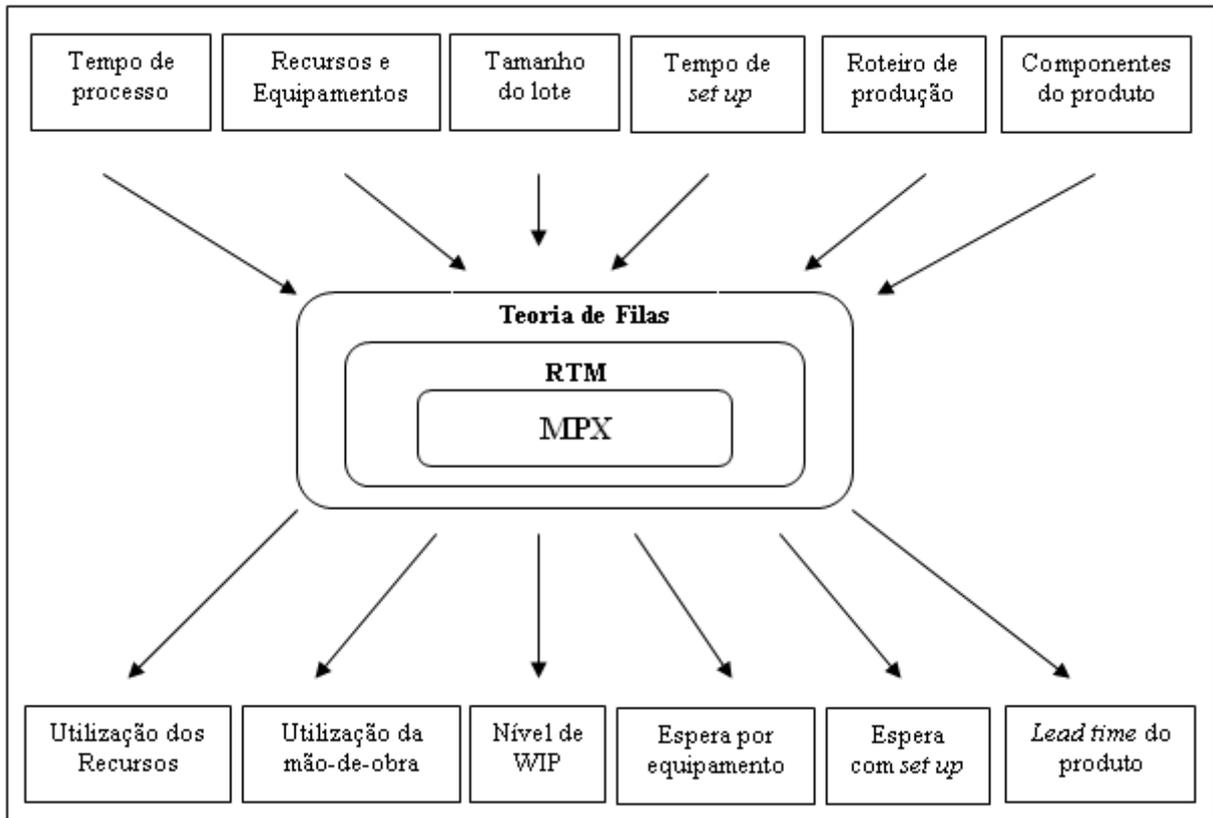


FIGURA 4.3: Esquema de funcionamento do *software* MPX

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

Os indicadores obtidos pela simulação realizada via MPX, mostrados na figura 4.3, permitem avaliar se as metas propostas para o sistema de manufatura são atingíveis e se existem oportunidades de melhoria para o sistema estudado. Outra importante característica do MPX é a criação de cenários (*what-if*), o que possibilita testar as propostas de melhorias obtidas.

A utilização do *software* MPX na implementação do QRM apresenta algumas vantagens quando comparado às outras três comuns alternativas utilizadas (SURI, 1998):

- a) Planilhas eletrônicas e programas de planejamento de capacidade: essas ferramentas não permitem o entendimento das interações das variáveis do chão-de-fábrica, o que dificulta o levantamento das reais causas do longo *lead time*;
- b) Sistemas de MRP (*Material Requirement Planning*): nessa ferramenta o *lead time* do produto é um dado de entrada, ou seja, o sistema assume um valor fixo. Isso dificulta os esforços de redução de *lead time*;
- c) Simulação de eventos discretos: essas ferramentas estão aptas a capturar as interações do chão-de-fábrica e, também, a oferecer estimativas do *lead time* dos produtos. A simulação de eventos discretos, entretanto, necessita de um grande treino do operador e de

várias horas de trabalho. Já o uso do MPX é mais simples e mais rápido, o que facilita o estudo da dinâmica dos sistemas de manufatura.

Além dessas características, é importante destacar que as simulações obtidas via MPX oferecem uma previsão de médio-prazo com base no planejamento agregado, resultando em estimativas que apresentam até 90% de confiabilidade (SURI, 1998).

4.3.1.4 Focar a redução do *lead time* na empresa como um todo

Apesar de ter suas raízes no chão de fábrica, o QRM busca atingir reduções de *lead time* por meio de melhorias não somente no chão de fábrica, mas em outras áreas da empresa, tais como: o escritório, a cadeia de suprimentos e o desenvolvimento de novos produtos. O objetivo da abordagem QRM é aplicá-lo em todas as áreas da empresa, tornando o *lead time* o foco de toda a empresa.

4.3.2 Os 10 Princípios Gerais do QRM

O detalhamento dos quatro conceitos-chave do QRM dá origem aos 10 princípios gerais. São eles:

1º Princípio- Encontre uma maneira totalmente nova para executar os trabalhos, com foco na redução do *lead time*: as organizações não são projetadas para gerenciar o tempo. Estruturas organizacionais, sistemas de contabilidade e sistemas de recompensa são baseados sobre na gerência de escala e custo, ou seja, os gerentes pensam que cada pessoa deveria trabalhar mais rapidamente, mais arduamente e por longas horas para realizar o trabalho no menor tempo. Esse sistema de gerenciamento, baseado em escala e custo, é o maior inimigo do QRM. Para implementação do QRM, é necessária uma completa revisão da base sobre a qual a produção está organizada, o que inclui o fornecimento de materiais e o trabalho dos gerentes.

2º Princípio- Planeje a capacidade dos recursos críticos em 80% ou mesmo 70%: muitos gerentes acreditam que para realizar os trabalhos mais rápidos é necessário manter as máquinas e as pessoas ocupadas o tempo todo, no entanto, esta política de 100% de

utilização gera longos *lead times*, crescimento das filas e altos níveis de WIPs. Este princípio será melhor explorado na seção 4.4.1.1.

3º Princípio- Faça da redução do *lead time* a principal medida de desempenho: muitas empresas elegem a eficiência como a principal medida de desempenho, mas a eficiência não leva obrigatoriamente a redução dos *lead times*. É necessário que os gerentes conheçam as relações dinâmicas entre as várias variáveis e aspectos da produção e seus efeitos sobre o *lead time*, como por exemplo: a relação entre utilização dos setores e tamanho do lote de produção, dentre outras (a serem exploradas na seção 4.4.1.2 e 4.4.1.3). Além disso, deve-se fazer do *lead time* a principal medida de desempenho a ser avaliada. Isso é exatamente o que Suri (1998) denomina como “Número QRM” que quantifica os ganhos em relação ao *lead time* e estabelece a razão entre o *lead time* inicial e o atual.

4º Princípio- Meça e recompense as reduções no *lead time* e não entregas no tempo devido: esse princípio está relacionado à idéia da existência de *trade offs* na manufatura. Nas demais abordagens de gestão da manufatura, a redução do *lead time* é consequência das medidas de desempenho adotadas, como por exemplo: utilização dos recursos, ou qualidade, dentre outras. Já no QRM, a principal medida de desempenho é a redução do *lead time*, ela é a meta. A redução dos indicadores tradicionais (redução de estoques, redução dos custos de produção, aumento da qualidade, produtividade, entre outras) são consequências dessa estratégia focada no tempo. Aqui é importante destacar que pontualidade nas entregas é um resultado desejável, mas não deve ser adotada como medida de desempenho.

5º Princípio- Utilize o HL/MRP (*High Level Material Requirements Planning*): Suri (1998) recomenda que o MRP seja utilizado somente para planejar e coordenar materiais no alto nível do planejamento da produção. Esse princípio será melhor explorado na seção 4.4.1.6.

6º Princípio- Motive seus fornecedores a implementar o QRM: esse princípio estabelece que os fornecedores entendam o programa QRM e não tomem medidas que atuem contra sua política de redução do *lead time* (exemplos de medidas deste tipo são negociações de descontos para pedidos em grande quantidade). Esse princípio será melhor explorado na seção 4.4.2.1.

7º Princípio- Faça seu cliente entender seu programa de QRM: o objetivo desse princípio é estabelecer uma parceria com os clientes, visando pequenos lotes a baixos custos. Esse princípio será melhor explorado na seção 4.4.2.2.

8º Princípio- Elimine as barreiras funcionais implementando células no escritório: esse princípio estabelece que as células de produção sejam implantadas também no escritório, as chamadas Q-ROC (*Quick Response Office Cell*). O princípio será melhor explorado na seção 4.4.3.1.

9º Princípio- Deixe claro a todos na empresa que a razão do programa QRM não é simplesmente reduzir o tempo para poder cobrar mais por trabalhos mais rápidos, mas sim, reduzir o tempo para criar uma empresa com sucesso no longo prazo: esse princípio está relacionado à idéia de que a adoção do QRM busca estabelecer poder competitivo a longo prazo por meio da TBC. O sucesso da aplicação desse princípio está principalmente relacionado à gestão de recursos humanos, já discutida anteriormente.

10º Princípio- Treine as pessoas da empresa para mudar de mentalidade, pois o maior obstáculo do QRM é o preconceito: esse princípio é vital para o sucesso do QRM e será melhor detalhado na seção 4.5.

4.4 CONCEITOS E FERRAMENTAS DO QRM APLICADOS ÀS PRINCIPAIS ÁREAS DA EMPRESA

O objetivo do QRM é reduzir o *lead time* desde a ordem do pedido até a expedição, o que inclui todos os processos dentro desse ciclo. Para atingir esse objetivo, os conceitos, princípios e ferramentas do QRM devem ser aplicados às quatro principais áreas da empresa: produção, cadeia de suprimentos, escritório e desenvolvimento de produtos (SURI, 1998).

4.4. 1 QRM na produção

Além dos 10 princípios gerais do QRM, o paradigma apresenta mais sete princípios aplicáveis à área de produção.

Os sete princípios do QRM na área da produção fornecem uma intuição ao gerente de produção sobre como é o funcionamento do chão de fábrica. Além de identificar oportunidades de melhoria com relação ao sistema de manufatura, a elaboração de projeto efetivo e a identificação dos principais *trade-offs* dos objetivos de desempenho. Os sete

princípios a serem estudados são: entender que a alta utilização é inimiga do baixo *lead time*, entender o efeito da variabilidade, buscar pelo tamanho de lote mais adequado para redução do *lead time*, Manutenção Produtiva Total (TPM) e redução de *set up* (esses são tratados na mesma seção), utilização da manufatura celular/ tecnologia de grupo e utilização do sistema de controle da produção POLCA.

4.4.1.1 Entender que a alta utilização é inimiga do baixo *lead time*

O princípio de entender que a alta utilização é inimiga do baixo *lead time* nega a crença tradicional de gerenciamento dos sistemas de manufatura que estabelecem como uma das medidas de redução de *lead time*, a utilização de 100% da capacidade dos recursos críticos (SURI, 1998).

Hopp e Spearman (2002) completam afirmando que se a utilização de um recurso crítico aumenta sem que qualquer outra alteração seja feita. O nível de WIP e o *lead time* irão crescer de maneira não linear. Para atestar essas afirmações, os autores propõem a utilização do sistema de filas G/G/1 (sistema de filas composto por uma unidade de trabalho com distribuição geral nos tempos de chegada e processos).

Com base nessas informações, Suri (1998) faz uso dos sistemas de filas G/G/1 e utiliza a equação de Kingsman para calcular o efeito negativo da alta utilização na redução do *lead time*. A equação de Kingsman é mostrada pela fórmula 4.1.

$$TC_f = VUT \quad (4.1)$$

Onde:

TC_f é o tempo de espera gasto na fila;

V é a variabilidade do processo: esta representa a qualidade da não uniformidade de uma classe de entidades;

U é a utilização dos setores: este indicador representa fração de tempo que a estação não está ociosa;

T é o *lead time*: já definido na seção 4.1 desse capítulo.

A aplicação da equação 4.1 permite definir o comportamento da curva *lead time* x utilização. A figura 4.4 mostra essa curva.

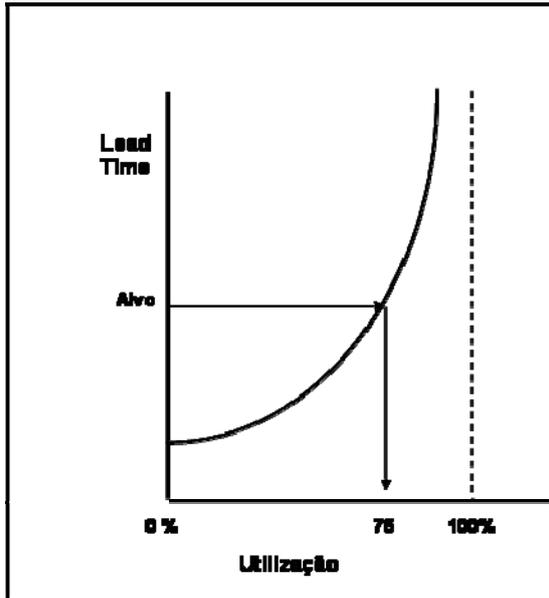


FIGURA 4.4: O efeito da utilização no *lead time*

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

A figura 4.4 mostra que o *lead time* é muito sensível à variação da utilização. Dessa forma, os recursos devem ser programados para operarem com 70 % a 80 % de sua capacidade (SURI, 1998).

Além disso, para a redução de *lead time*, é mais vantajoso manter máquinas com menor capacidade operando a uma menor taxa de utilização (entre 70 a 80%) do que manter uma única máquina com maior capacidade operando a 90% ou 100% de utilização (figura 4.4).

4.4.1.2 Entender o efeito da variabilidade

Para entender a natureza dos efeitos da variabilidade em um sistema de produção, Suri (1998) destaca a necessidade de se distinguir os dois conceitos de variabilidade tratados no QRM. Um deles é a variabilidade ocasionada pela má gestão de recursos que, de acordo com autor, deve ser eliminada. Por exemplo: quebra de máquinas problemas de qualidade, dentre tantas outras que, ao relacionarmos ao QRM, devem ser eliminadas. O outro conceito de variabilidade, que o QRM denomina de variabilidade estratégica, está relacionado a fornecer uma real variedade de produtos para os clientes. Essa

variabilidade é necessária e, muitas vezes, é a principal fonte de vantagem competitiva da empresa.

Suri (1998) e Hopp e Spearman (2002) mostram na figura 4.5 o efeito combinado da utilização e da variabilidade ocasionada pela má gestão dos recursos na redução do *lead time*. Para essa análise também foi aplicada a equação 4.1.

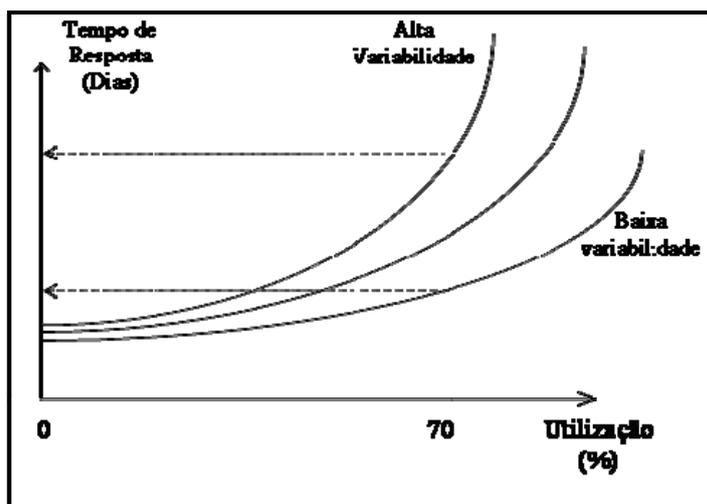


FIGURA 4.5: O efeito combinado da utilização e da variabilidade ocasionada pela má gestão dos recursos no *lead time*

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

A figura 4.3 ilustra os impactos negativos dessas duas variáveis para o sistema, porém o QRM reconhece a importância da variabilidade estratégica e traz conceitos que possibilitam tratar esta variabilidade que não pode e nem deve ser eliminada. Tais conceitos podem ser exemplificados pela busca do tamanho de lote mais adequado à redução de *lead time*, da TPM e redução de *set up*, uso da manufatura celular/ tecnologia em grupo e, por fim, o sistema de controle da produção denominado POLCA. Todos estes conceitos são detalhados neste capítulo.

4.4.1.3 Busca pelo tamanho de lote mais adequado para redução de *lead time*

O QRM busca encontrar um tamanho de lote que leve à maior redução de *lead time* possível para um sistema estudado. Esse conceito é diferente do lote econômico de produção e do lote único. O lote econômico de produção, muito empregado na gestão tradicional de materiais, busca definir uma quantidade ideal de material a ser adquirida em

cada operação de reposição de estoque, cujo custo total de aquisição, bem como os respectivos custos de estocagem, são mínimos para o período considerado. O objetivo central do conceito de lote econômico é a redução de custos. Já a busca por lote único, advém do sistema JIT que objetiva reduzir ao máximo o tamanho do lote (MARTINS e LAUGENI, 2005).

A busca pelo tamanho de lote mais adequado considera as variáveis e interações a que um sistema de produção está submetido e reconhece o seu efeito no *lead time*. Os estudos de Suri (1998) e Hopp e Spearman (2002), já discutidos anteriormente e aqui aplicados ao tamanho do lote de produção, mostram o seu efeito no *lead time*. A figura 4.6 mostra esse efeito.

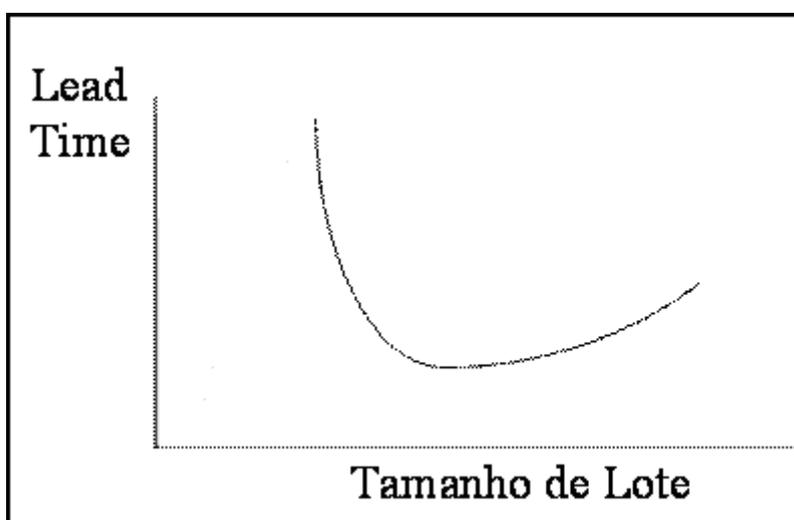


FIGURA 4.6: O efeito do tamanho de lote no *lead time*

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

A figura 4.6 permite identificar a existência de um tamanho de lote que leva a maior redução do *lead time*. O *software* MPX, por meio da aplicação dos estudos da Teoria de Filas, realiza o cálculo desse tamanho de lote, considerando todas as interações que as variáveis do chão-de-fábrica estão sujeitas. (SURI, 1998).

4.4.1.4 Manutenção Produtiva Total (TPM) e redução de *set up*

Suri (1998) destaca que programas de redução dos tempos entre falhas, reparo de máquinas e do tempo de *set up* possibilitam reduzir ainda mais o tamanho do lote e,

conseqüentemente, também o *lead time*. Dessa forma, dentro do QRM, há utilização de ferramentas para redução desses tempos, como por exemplo: a política de Manutenção Produtiva Total (TPM) e o método de Troca Rápida de Ferramentas (SMED- *Single Minute Exchange of Die*) são fundamentais.

A TPM foi desenvolvida com base no conceito de manutenção preventiva importada dos EUA, que começou no Japão em 1969. Essa política combina as melhores características da manutenção produtiva e preventiva com as estratégias inovadoras de gerenciamento e envolvimento total do funcionário (SING, 2006). Além disso, a TPM realiza a manutenção do equipamento por meio de um sistema que abrange toda a vida útil destes envolvendo todos os funcionários da empresa, desde os funcionários da produção, os da manutenção até a alta gerência (McKONE *et al.*, 2001).

O SMED é uma técnica para reduzir os tempos de *set up* que foi desenvolvida por Shingeo Shingo ao longo de 19 anos de estudos teóricos e práticos (MOXHAM e GREATBANKS, 2001). Segundo Shingo (2003), o conceito-chave da melhoria dos tempos de *set up* é a conversão do *set up* interno em *set up* externo. No primeiro, a operação é realizada quando a máquina está parada. Já no segundo, a operação é realizada enquanto a máquina trabalha automaticamente. O autor completa afirmando que, se o máximo de operações de *set up* for feito como *set up* externo, o tempo de *set up* interno pode ser reduzido de 30 % a 50%.

Os efeitos das políticas de redução dos tempos entre falhas e reparo das máquinas, bem como a redução dos tempos de *set up* no tamanho do lote já foram estudadas por Suri (1998) e podem ser visualizadas na figura 4.7.

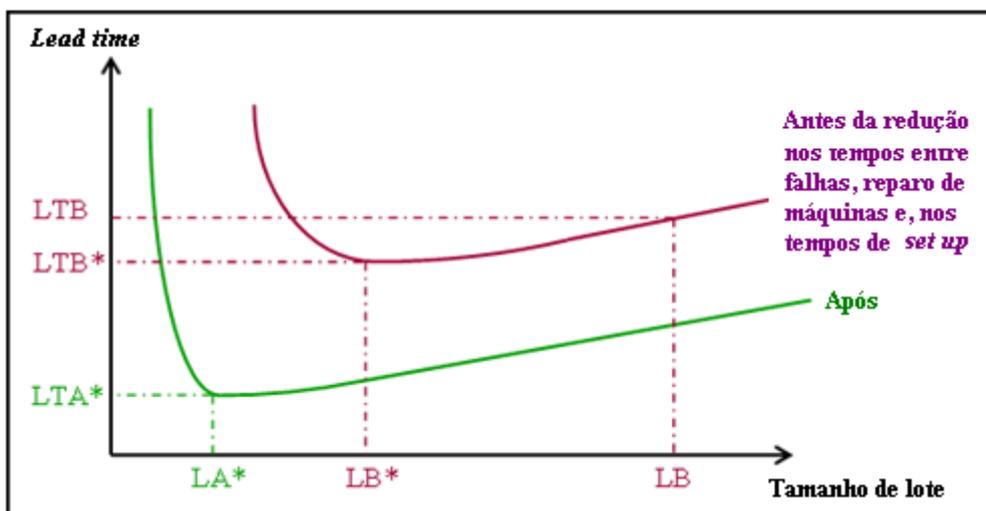


FIGURA 4.7: O efeito que a redução dos tempos entre falhas, reparo, de máquinas e dos tempos de set up exerce no tamanho de lote e no *lead time*

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

Na figura 4.7, o LTB indica o valor de *lead time* antes das políticas de redução dos tempos entre falhas e reparo das máquinas e dos tempos de *set up*. Já o LTA representa o valor de *lead time* após a redução dos tempos dessas variáveis. Os asteriscos colocados a frente das iniciais indicam o tamanho de lote mais adequado para a redução de *lead time*. Com base nessa explicação, é possível verificar o efeito das reduções nos tempos entre falhas e reparo das máquinas, bem como a redução dos tempos de *set up* tem no tamanho do lote e, conseqüentemente, na redução de *lead time*. Nesse ponto, é importante ressaltar que estudos de Hopp e Spearman (2002) indicam que reduções de 25% a 35% no *lead time* podem ser obtidas por meio da implementação de políticas de redução nos tempos entre falhas e reparo de máquinas, tais como: o TPM e o SMED.

4.4.1.5 Utilização da Manufatura Celular (MC)/ Tecnologia de Grupo (TG)

A utilização dos conceitos de Manufatura Celular (MC) e da Tecnologia de Grupo (TG) implica na necessidade da alteração da estrutura organizacional do chão de fábrica, cujo *layout* deve ser mudado de funcional para celular com a utilização da TG. A necessidade da TG, por vezes ressaltada nos estudos de Suri (1998), destaca a necessidade de sua implementação já no início do projeto QRM.

A TG é uma filosofia de manufatura, na qual etapas similares do processo são identificadas e agrupadas, a fim de aproveitar as vantagens de suas similaridades nas diversas atividades da empresa, tais como: projeto, manufatura, compras, planejamento e controle da produção (GROOVER, 1987).

A MC são células em que o arranjo de máquinas é, usualmente, em formato de “U” para minimizar o deslocamento das pessoas e dos produtos. Essas células são operadas por um time de funcionários multifuncionais que têm plena responsabilidade pela qualidade e performance das entregas. As células são dedicadas à fabricação de produtos com operações similares (TG) que são produzidos em todas as suas etapas. Isso significa que todos os recursos necessários para a fabricação do produto devem estar disponíveis nas células ou próximos a elas (SURI, 1998).

A criação das células de manufatura para o QRM está apoiada, essencialmente, nas seguintes vantagens de sua aplicação: um fluxo de produtos simples, o que leva a alta visibilidade do processo e facilidade no seu controle; redução do manuseio de materiais; enriquecimento do trabalho que propicia uma maior motivação nos funcionários (*times, cross-training, ownership*); melhor qualidade; e redução de retrabalho, dentre outros.

Para a implementação da manufatura celular, Suri (1998) propõe 7 passos sequenciais para sua implementação. São eles:

1º passo: Inicie implementando células para um segmento específico que represente oportunidades ou ameaças;

2º passo: Encontre uma família de produtos que gere impacto na redução de *lead time*. Isso significa criar uma mudança altamente visível nas vendas e/ou a satisfação dos clientes. A identificação de uma família de produtos que propicie tal mudança é o grande desafio. Para atingir esse objetivo, Burbidge (1996) sugere a identificação de uma característica comum a todos ou grande parte dos produtos;

3º passo: Utilize procedimentos quantitativos para encontrar as famílias. A análise de Fluxo de Produção (PFA) de Burbidge (1996) pode ser usada. Essa análise permite criar uma tabela organizada com base nos valores de venda por categoria de produtos e processos comuns a estes produtos. Dessa forma, surge uma combinação de processos comuns, dando origem às famílias de produtos;

4º passo: Escolha uma família auto-suficiente, de forma que as famílias formadas dependam o menos possível de operações fora das células, garantindo assim o *ownership* do processo;

5º passo: Crie uma célula física. Para isso, aloque todos os recursos necessários para completar as operações dentro da célula, de forma a reduzir atrasos e minimizar o manuseio de materiais;

6º passo: Entenda a dinâmica do sistema de manufatura (2º princípio geral do QRM);

7º passo: Utilize voluntários para formar a força de trabalho das células.

Suri (1998) observa que podem existir situações em que os passos acima sejam insuficientes para garantir a autonomia das células. Nessas situações, é necessário repensar de forma criativa a implementação das células para garantir a autonomia do time em todas as etapas de produção (do início ao final). Para isso, o autor oferece duas técnicas: o uso do *time-slicing* e a célula virtual (destina para cada time parte do tempo em cada equipamento).

A aplicação da técnica do *time slicing* implica em dividir o tempo de produção de determinado recurso entre as células de produção. Isso ocorre quando determinado recurso não está acessível a todas elas, uma vez que este recurso é economicamente ou fisicamente inviável a todas as células. Suri (1998) observa que o sucesso da aplicação do *time slicing* depende da disciplina dos *times* das células em fazer a capacidade de produção desse recurso acessível a cada célula. Além disso, qualquer troca entre porções de tempo deve ser combinada entre os times e não decidida pelo gerente. Isso significa que o funcionário exerce o seu poder de decisão (*ownership*), conforme propõe o terceiro princípio geral do QRM.

A aplicação da técnica da célula virtual, por sua vez está relacionada à divisão do tempo de produção de vários recursos para vários times de trabalho, ou seja, não existe a formação física da célula, apenas a aplicação conceitual da MC. A utilização dessa técnica ocorre quando a mudança física de determinados recursos não é possível em razão do seu tamanho e peso.

A figura 4.8 mostra o esquema de aplicação dessas duas técnicas.

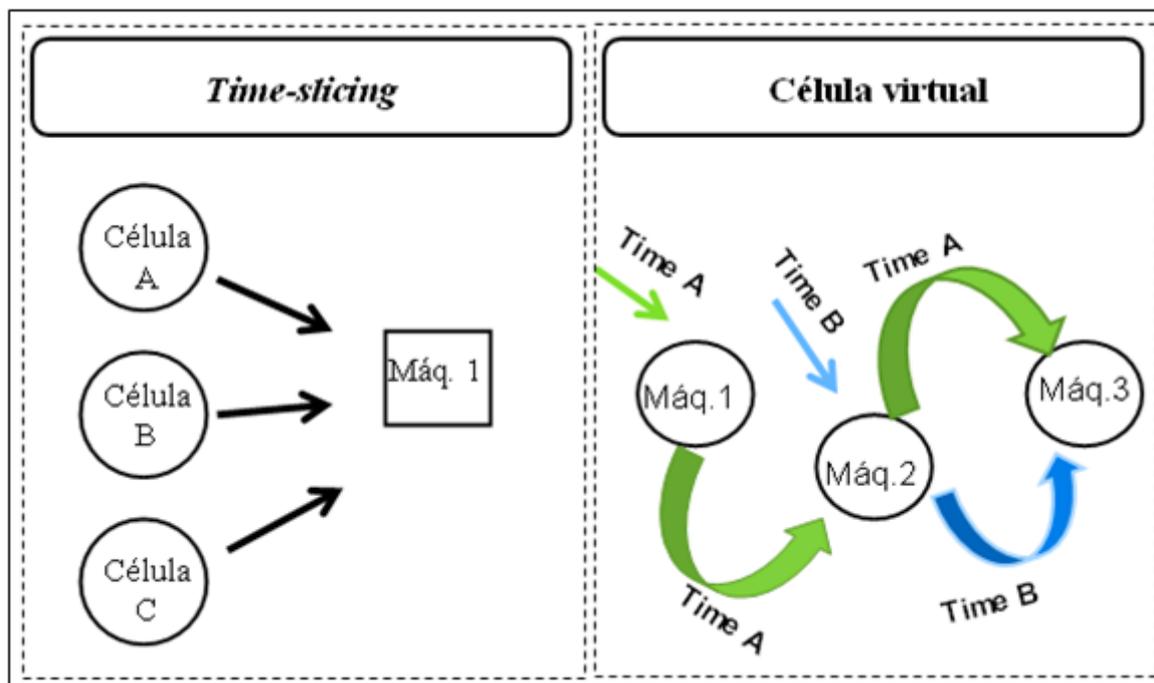


FIGURA 4.8: Esquema para a aplicação da técnica *time-slicing* e da célula virtual

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

A aplicação da MC, bem como suas técnicas, permite a produção em uma menor escala, o que influencia no nível de WIP, na pontualidade das entregas, na produtividade e em vários outros indicadores já vistos nesse estudo. Para isso, é necessário repensar e encontrar alternativas de como utilizar equipamentos menores que podem ser alocados em uma célula, o que significa superar obstáculos financeiros, culturais e físicos.

4.4.1.6 Utilizar o sistema de Controle da Produção POLCA

O último princípio do QRM para área de produção está relacionado a um novo sistema de planejamento e controle da produção. Nesse sistema, o MRP (*Material Requirements Planning*) deve ser utilizado somente para planejar e coordenar materiais no alto nível do planejamento da produção. Já o controle da produção deve ser feito por meio do sistema POLCA (*Paired-cell overlapping loops of cards with authorization*).

A razão para essa recomendação parte dos estudos de Suri (1998), os quais constataram que a utilização do MRP em um ambiente instável e com alta variedade de produtos acarreta em uma série de desconfortos: decisões de última hora, pedidos atravessados, estoques em processo (WIP), descrença no programa e desmotivação dos

trabalhadores. Nesse cenário, a utilização do MRP se mostra ineficiente e sua aplicação só se faz valer por meio de uma reestruturação. A reestruturação está relacionada à sua utilização, denominada por Suri (1998) de *High level* (HL/MRP).

O HL/MRP consiste em repensar a lista de materiais e utilizá-la apenas para o planejamento e coordenação dentro das células. O planejamento e controle entre as células devem ser realizados por meio de um sistema híbrido, denominado sistema POLCA. Esse sistema puxa e empurra a produção, combinando os melhores fatores dos sistemas MRP (empurra) e *Kanban* (puxa), ao mesmo tempo em que corrige algumas limitações do *Kanban* tornando o processo mais flexível (SURI e KRISHNAMURTHY, 2003).

O sistema POLCA é coordenado por meio de cartões, denominados cartões POLCA. Esses cartões estão presentes a cada par de células, indicando a célula onde o processo é iniciado e a próxima célula para onde o processo deve ser encaminhado. Isso mostra que os cartões não são exclusivos por produtos e sim por roteiros de produção que são estabelecidos a cada par de células. Dessa forma, cada cartão POLCA permanece com os produtos até que as etapas a serem realizadas em cada par de células sejam concluídas. Neste momento, o produto segue seu roteiro de produção como um novo cartão POLCA a cada duas células, e o cartão anterior retorna à célula inicial dando origem a um novo ciclo de produção, denominado por Suri (1998) de *loop* do cartão POLCA. O número de *loops* de cada cartão é definido pelo HL/MRP de acordo com a demanda de cada produto.

De forma resumida, é possível estabelecer que uma célula só inicie a produção se três condições forem atendidas (SURI e KRISHNAMURTHY, 2003). Essas condições são:

- a) Produção autorizada pelo HL/MRP;
- b) Matéria prima disponível;
- c) Presença do cartão POLCA.

A figura 4.9 mostra o funcionamento do sistema POLCA aplicado a quatro células.

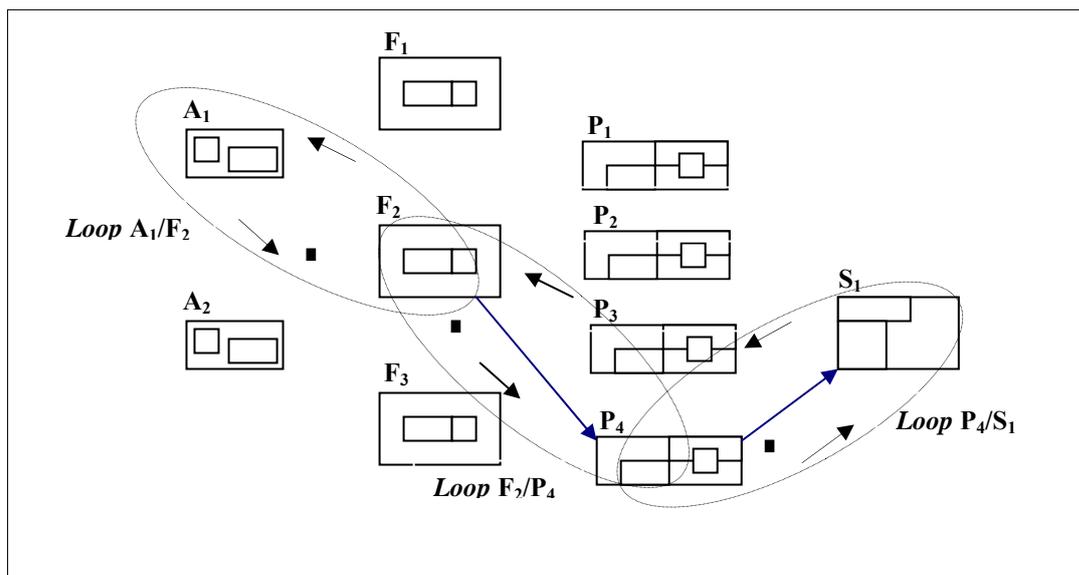


FIGURA 4.9: Esquema do funcionamento do sistema POLCA

Fonte: Adaptado de Suri (1998)

Pela figura 4.9 é possível visualizar que as quatro células (A_1 , F_2 , P_4 , S_1) dão origem a três pares de células, indicados pelos *loops* A_1/F_2 , F_2/P_4 e P_4/S_1 .

O número de cartões POLCA necessários a cada *loop* é calculado com base na Lei de *Little*, conforme mostra a equação 4.2.

$$N_{POLCA_{A/B}} = \frac{[LT(A) + LT(B) \times NUM.(A, B)]}{D} \quad (4.2)$$

Onde:

$N_{POLCA_{A/B}}$ é o número de cartões POLCA necessário a cada *loop*;

$LT(A)$ é o *lead time* estimado para a célula A;

$LT(B)$ é o *lead time* estimado para a célula B;

$NUM.(A, B)$ é o número total de operações da célula A e B;

D é o número de dias de trabalho para o horizonte de tempo calculado.

Os autores Suri e Krishnamurthy (2003) estabelecem como principais vantagens deste sistema: capacidade finita; não existe a necessidade de prevenção de estoques, já que existe a necessidade das autorizações; maior flexibilidade (*loops* entre o par de células); e o estabelecimento das relações cliente/fornecedor entre as células.

Os requisitos para implementação do POLCA e do HL/MRP são: a Manufatura Celular, a descentralização das informações e o treinamento dos funcionários.

4.4.2 QRM na Cadeia de Suprimentos

Com relação à cadeia de suprimentos, podem-se dividir os princípios e ferramentas do QRM em dois grandes grupos: estratégias voltadas aos fornecedores e estratégias voltadas aos clientes.

4.4.2.1 Estratégias voltadas aos fornecedores

As principais estratégias do QRM voltadas aos fornecedores formam a chamada Gestão de Fornecedores Baseada no Tempo (*Time-based Supply Management*), a qual foi desenvolvida e utilizada com muito sucesso na *John Deere* (SURI, 1998). As estratégias são:

- a) Eduque seu fornecedor com relação ao seu programa QRM e o motive a implantá-lo: por meio do QRM seus fornecedores irão estar aptos a produzir lotes menores a um menor custo e com uma maior qualidade;
- b) Faça da redução de *lead time* a principal medida de desempenho do seu fornecedor: o *lead time* é uma medida da capacidade do fornecedor, portanto, deve ser utilizado como principal medida de avaliação. O trio QCD (qualidade, custo e entrega) deve ser utilizado como medida secundária de desempenho;
- c) Repense a utilização de fornecedores distantes e utilize a *dual sourcing*: questione a utilização de fornecedores distantes (o custo total pode ser menor se for utilizado um fornecedor próximo com MCT pequeno), busque a proximidade. Nos casos em que a utilização de fornecedores distantes for imprescindível, utilize a técnica *dual sourcing* (dois fornecedores). Sua aplicação implica em utilizar fornecedores distantes para a porção previsível da demanda e fornecedores locais para a porção mais variável da demanda;
- d) Forneça treinamento ao seu pessoal de vendas sobre o QRM: o departamento de compras da empresa deve ser treinado com base no QRM e em particular nos problemas de realizar pedidos em grande quantidade;

- e) Tire proveito da tecnologia de informação: ferramentas que agilizam o contato com o fornecedor e reduzem o *lead time* devem ser adotadas, tais como: EDI (*Electronic Data Interchange*); e CAD (*Computer-aided Design*);
- f) Sempre que possível, faça seus fornecedores ficarem responsáveis por manter os estoques no ponto de uso: essa prática, também denominada VMI (*Vendor Managed Inventory*), simplifica o planejamento e ajuda a reduzir o MCT;
- g) Compartilhe sua previsão e seu planejamento: essa estratégia também simplifica o planejamento e auxilia na redução do *lead time*. A técnica chamada CPFR (*Collaboative Planning, Forecasting and Replenishment*) auxilia a atingir esse objetivo.

4.4.2. Estratégias voltadas aos Clientes

Em relação às estratégias direcionadas aos clientes temos:

- a) Forme parcerias com seus clientes: a empresa fornecedora deve procurar formar parcerias com seus clientes visando à produção e entrega de pequenos lotes;
- b) Forneça descontos que não prejudiquem seu programa QRM: no caso de fornecer descontos para grandes quantidades, isso deve ser feito baseado na quantidade pedida no ano todo e não baseado nas ordens individuais;
- c) Mesmo que seu fornecedor peça em grandes quantidades continue produzindo em pequenos lotes: além das razões já mostradas na figura 4.6, grandes lotes no chão de fábrica irão bloquear a produção destinada aos outros clientes da empresa.

4.4.3 QRM no Escritório

São nas atividades de escritório que se encontram grandes oportunidades de redução do *lead time*. Essas oportunidades ficam evidentes à medida que estudos de Suri (1998) são analisados: mais da metade de *lead time* de uma companhia é gasto nesta área; as operações de escritório podem contabilizar mais que 25% dos custos de uma companhia; além de apresentar um significativo papel na captura de novos pedidos. Observando que as atividades de escritório são definidas, na presente pesquisa, como todas as atividades

necessárias para o processamento de um pedido, mas que não ocorrem especificamente no chão de fábrica. As três principais atividades de escritório que afetam o *lead time* são: processamento de pedidos de cotação; processamento de ordens; e projeto e desenvolvimento de novos produtos.

Basicamente, Suri (1998) divide os princípios e ferramentas do QRM voltados ao escritório em três grandes grupos: princípio organizacional, princípios para manuseio e gestão da informação e princípios do SD.

4.4.3.1 Princípios organizacionais no escritório

No QRM as implantações das células não são específicas apenas ao chão de fábrica. As células devem ser implementadas também no escritório, sendo denominadas Q-ROC (*quick response office cell*). O propósito das Q-ROCs é realizar todas as etapas administrativas necessárias para determinado produto, ou família de produtos, dentro da célula (*closed-loop*), reduzindo as barreiras funcionais e contribuindo para redução do *lead time*.

Os passos definidos para a criação da manufatura celular também se aplicam a este princípio (4.4.1.5).

4.4.3.2 Princípios para manuseio e gestão de informação

O princípio para manuseio e gestão de informação tem como objetivo dar suporte à implementação dos Q-ROCs no escritório, os quais são subdivididos em cinco. São eles:

- a) Implemente a regra “no máximo uma”: essa regra defende que após ser realizado o mapeamento do processo, devem-se eliminar fluxos que façam com que uma tarefa passe duas ou mais vezes por uma pessoa ou departamento;
- b) Re-examine se todas as informações do produto são realmente necessárias: esse passo ajuda a eliminar etapas e com isso reduzir o *lead time*;

- c) Forneça acesso rápido e local à informação: o objetivo é minimizar a dependência dos Q-ROCs das informações externas. Para isso, é necessário examinar de quais informações as células precisam e disponibilizá-las em uma base de dados regulares; no caso das informações que não possam estar disponíveis internamente, o seu acesso rápido deve ser garantido;
- d) Tire vantagem de tecnologias para o comércio eletrônico: a Tecnologia da Informação (TI) deve ser explorada e utilizada, pois ela facilita e agiliza o manuseio das informações;
- e) Invista em compatibilidade de sistemas de informação: apesar de todo o esforço que se tem feito nesse sentido nos últimos anos, isso ainda não é uma realidade na maioria das empresas.

4.4.3.3 Princípios da Dinâmica de Sistemas (SD) no escritório

A gestão científica também é aplicada ao escritório, o que dá origem a semelhantes análises das já feitas para a área de produção (seção 4.4.1). As principais análises a serem feitas são:

- a) Planeje estrategicamente para ter capacidade ociosa: conforme demonstrado na figura 4.2, manter a utilização dos recursos em 100% prejudica o *lead time*;
- b) Substitua as medidas tradicionais de eficiência no escritório: assim como no chão de fábrica, a medida de desempenho fundamental deve ser a redução de *lead time*;
- c) Reduza a “variabilidade ruim”: a figura 4.5 mostra essa questão, uma vez que a variabilidade (tanto no *input* quanto no tempo de processamento) é prejudicial ao *lead time*. As técnicas que podem ser utilizadas para este fim são: padronização de procedimentos, padronização de roteiros, eliminação de retrabalhos, separação de atividades simples e complexas, dentre outras;
- d) Utilize junção de recursos e filas únicas: para atingir esse objetivo, alguns pré-requisitos devem ser adotados: os recursos precisam ser flexíveis para servir as filas únicas e as tarefas devem ser projetadas para permitir a flexibilidade;
- e) Transforme as atividades seqüenciais em paralelo: essa medida pode ter impacto importante na redução do *lead time*;
- f) Reduza os tempos de *set up* e os tamanhos de lotes: assim como no chão de fábrica, deve haver um esforço para a redução destas variáveis nas operações de escritório;

g) Utilize gestão de capacidade e controle de *input*: é necessário calcular e analisar periodicamente a capacidade dos Q-ROCs. Essa análise de capacidade pode ser feita de várias formas, tais como: simples aplicação da Lei de *Little*, planilhas e *softwares* de simulação (MPX). E, no que refere ao controle das tarefas entre os pares das células de escritório, o sistema POLCA pode ser utilizado.

4.4. 4 QRM na Introdução de Novos Produtos

Os princípios do QRM para na introdução de novos produtos são apenas algumas idéias que visam complementar o trabalho dos muitos autores que trabalham nesta área (tais como: Ulrich e Tung, 1991, dentre outros), buscando sempre tornar ainda mais rápida esta atividade.

Inúmeros são os benefícios de uma rápida introdução de novos produtos, tais como: vencer a competição, fazer uso da alta tecnologia, entrar em novos mercados de forma mais rápida ou ao mesmo tempo em que os concorrentes, usar poucos recursos na introdução de novos produtos e cortar o tempo desta introdução.

Basicamente, os princípios do QRM aplicados a esta área podem ser divididos em quatro grandes grupos: princípios gerenciais, princípios para o projeto e para a manufatura, princípios referentes à necessidade de mudança de mentalidade e princípios referentes a políticas de incentivo (SURI, 1998).

Nesta seção, serão discutidos apenas os dois primeiros grupos de princípios, uma vez que os outros dois grupos são relativos a toda a empresa (e não somente ao desenvolvimento de novos produtos) e serão discutidos em conjunto na seção 4.5.

4.4.4.1 Princípios gerenciais

Os princípios gerenciais aplicados à área de desenvolvimento do produto são:

- a) Crie um senso de urgência logo no início do projeto: a preocupação com datas e prazos não deve surgir somente no final do projeto. Esta preocupação deve ocorrer desde o seu início;

- b) Utilize métodos de gestão de projetos e métodos de caminho crítico: ferramentas de gestão e controle de projetos, como por exemplo: o PERT/CPM que devem ser utilizados logo no início do projeto;
- c) Controle o escopo do projeto: este princípio requer que se tenha disciplina para se “congelar” o projeto em certo ponto, não permitindo modificações, deixando estas para uma próxima atualização;
- d) Facilite trocas de informações mais breves e mais frequentes entre as pessoas: isso representa o oposto da gestão de projetos tradicional, na qual as trocas de informações ocorrem apenas quando são completadas fases importantes do projeto;
- e) Crie a infra-estrutura para dar suporte à troca de informações: isso pode ser feito de várias maneiras, como por exemplo, utilização de tecnologias eletrônicas para trabalhos em equipe, engenharia simultânea, dentre outras;
- f) Crie parcerias com clientes e fornecedores: os princípios do QRM para clientes e fornecedores (seção 4.4.2) devem ser utilizados também no desenvolvimento de novos produtos;
- g) Utilize ferramentas para uma resposta rápida e efetiva a cotações: existem métodos propostos pelo QRM para reduzir o tempo de cotações, como por exemplo, o método proposto por Veeramani e Joshi (1997).

4.4.4.2 Princípios para projeto e manufatura

Os princípios para projeto e manufatura aplicados à área de desenvolvimento do produto são:

- a) Utilize plataformas: as plataformas representam a base sobre a qual customizações podem ocorrer no produto. A utilização de plataformas pode auxiliar em muito a redução do *lead time*;
- b) Utilize QFD (*Quality Function Deployment*): o QFD é uma ferramenta poderosa e também pode ser utilizada para auxiliar a redução de *lead time*;
- c) Utilize padronização: várias políticas podem ser criadas voltadas a padronização de componentes, sub-montagens, módulos, dentre outros. Exemplos dessas políticas são: utilização da tecnologia de grupo; utilização de medidas de desempenho, voltadas à padronização; dentre outras;

- d) Explore a influência mútua entre o projeto do produto e a lista de materiais: utilize a estratégia de diferenciação o mais tarde possível; tente eliminar operações de montagem ou fabricação; tentar reduzir o número de níveis da lista técnica, dentre outras técnicas;
- e) Utilização de prototipagem rápida e de DFMA (*Design for manufacturing and assembly*): essas ferramentas podem ser utilizadas com muito sucesso dentro do QRM.
- f) Utilize D/A (*Design for Analysis*): essa técnica, proposta por Suri (1988), consiste em ferramentas que auxiliam a criação de projetos simples e padronizados, respeitando a customização.

4.5 TREINAMENTO E MOTIVAÇÃO PARA O QRM

Conforme ilustrado na figura 4.1, um dos grandes pilares do QRM é a realização de treinamentos e a motivação das pessoas, sem esse importante elemento a implementação do QRM corre o risco de resultar em um grande fracasso. Basicamente, é possível dizer que o treinamento e a motivação para o QRM pode ser atingido via a mudança de mentalidade na empresa de todos os funcionários da empresa.

4.5.1 Mudança de Mentalidade e Treinamentos

Para o sucesso do QRM, é necessário pensar na redução do tempo e no aumento da velocidade, sendo importante uma mudança na mentalidade na empresa. Essa mudança é obtida por meio de treinamentos que devem ocorrer com base nos seguintes pontos (SURI, 1998):

- a) Substituição da mentalidade baseada na economia de escala para uma mentalidade baseada na redução de tempo: o QRM necessita de uma nova mentalidade para gerenciar os negócios, baseada na substituição da economia de escala pela economia da velocidade;
- b) Entendimento do relacionamento entre redução do *lead time* e redução de custos: a alta gerência deve compreender que o resultado final da implementação do QRM não será somente a redução do *lead time*, mas também a redução dos custos totais. Para facilitar este entendimento, Tubino e Suri (2000) estudaram a relação entre redução do *lead time* e

redução de custos em um conjunto de empresas que implantaram o QRM e descobriram que esta relação pode ser expressa por uma equação. Essa foi denominada pelos autores como “Poderosa Regra dos Seis” que relaciona a razão da redução do *lead time* obtida, após a implementação do QRM, com a redução de custos a serem atingidos, elevados a uma potência de seis. A equação possibilita realizar uma análise da redução de custos que deverá ser obtida após sua implementação, facilitando a fase de aprovação do programa QRM. A equação é expressa da seguinte forma:

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{C}{C_0}\right)^6 \quad (4.3)$$

Onde:

L: *Lead time* após a implementação do QRM

L₀: *Lead time* inicial (antes da implementação do QRM)

C: Custo total após a implementação do QRM

C₀: Custo total inicial

c) Implementação de uma mentalidade de justificativa de projetos baseadas na redução de tempo: dentro da abordagem do QRM, todos os projetos a serem realizados deverão ser justificados com base na redução do *lead time* que este projeto conseguirá. Essa estimativa deve ser comparada ao custo de um dia de redução de *lead time* (o qual é calculado por meio da divisão do gasto total na implementação do QRM pelo *lead time* médio que deverá ser reduzido por ocasião da implementação do programa);

d) Implementação sistemas de medição baseados na redução de *lead time*: novos indicadores de desempenho, baseados no tempo, deverão ser criados e utilizados. Para isso, Suri (1998) sugere a utilização do “Número QRM” que quantifica os ganhos em relação à redução do *lead time* e estabelece a razão entre o *lead time* inicial e o atual.

É importante que a empresa utilize em seus treinamentos exemplos de outros projetos QRM, cuja aplicação se estende em mais de 200 empresas ao redor do mundo (www.dep.ufscar.br/placop/geprelt).

Outro ponto importante é a participação de todos os níveis hierárquicos nos treinamentos, desde a alta gerência até os trabalhadores do chão-de-fábrica. Para todos, esses treinamentos deverão abordar os princípios, ações e ferramentas do QRM e também as novas tarefas que serão necessárias por ocasião da formação das células. A essência desses treinamentos está no esclarecimento dos benefícios da redução do *lead time* a longo prazo e na motivação e comprometimento de todos os funcionários para atingi-lo.

4.6 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO

O processo de implementação do QRM, conforme proposto por Suri (1998), é constituído de quinze passos. Devido à importância da coleta e análise de informações, presente nos passos 6 e 8, a seção 4.7 trará um maior detalhamento das principais ferramentas de coleta e análise de dados utilizados dentro do contexto do QRM.

4.6.1 Passos para implementação

O QRM deve ser implementado via projetos, cada qual com seu objetivo, escopo, pessoal envolvido, dentre outros elementos. No entanto, todos os Projetos QRM devem necessariamente seguir 15 passos de implementação (SURI, 1998). São eles:

Passo 1- Consiga total comprometimento da alta gerência: as mudanças, muitas vezes radicais, devem ocorrer com o total apoio da alta gerência;

Passo 2- Reúna um comitê para dirigir o QRM e defina um “campeão QRM”: o comitê não realizará a implementação do projeto QRM e nem mesmo o gerenciará; o papel do comitê e do “campeão QRM” (o gerente mais sênior) é o de identificar a área para o projeto QRM, sendo capaz de eliminar os possíveis obstáculos que surjam para se estudar esta área;

Passo 3- Escolha um “produto” potencial e defina objetivos macro: o termo “produto” não se refere a um produto no sentido específico da palavra, mas uma família, um serviço, dentre outros, que formarão o foco do projeto QRM;

Passo 4- Reúna o time de planejamento: cabe ao comitê formar um time multifuncional que deve ser formado por pessoas de diferentes departamentos que tem substancial impacto no desempenho do “produto”. O papel do time de planejamento é estudar a oportunidade em detalhes e fornecer recomendações de implementações para a gerência;

Passo 5- Invista em exercícios de trabalho em grupo: o time de planejamento deve ser bem treinado em exercícios de trabalho em equipe, para que seu trabalho possa render bons resultados;

Passo 6- Obtenha medidas “grosseiras” da performance do *lead time* sistema: a primeira tarefa realmente focada no QRM do *time* de planejamento é obter medidas de

desempenho do *lead time* sistema. As ferramentas que devem ser utilizadas nesta etapa são o mapeamento do MCT e o gráfico de valor agregado (ambas serão vistas na seção 4.6.2);

Passo 7- Refine o escopo e os objetivos: quando o *time* de planejamento já tem uma idéia geral do desempenho do *lead time*, ele já está em condições de definir mais precisamente o escopo e os objetivos do projeto QRM. Este segmento é denominado por Suri (1998) de FTMS (*Focused Target Market Segment*);

Passo 8- Levante dados detalhados e realize a análise destes dados: esta etapa é fundamental e pode ser realizada por meio de entrevistas, acompanhamento da rotina do processo, fluxogramas do processo e da técnica *tagging* (a ser detalhada na seção 4.6.2);

Passo 9- Propostas de melhorias: neste passo o *time* de planejamento deve repensar como as coisas são feitas visando reduzir o *lead time*. Aqui é importante observar que nessa etapa são aplicados os princípios e ferramentas do QRM;

Passo 10- Apresente Recomendações: uma apresentação formal das recomendações feitas pelo *time* de planejamento deve ser feita para o comitê e para a alta gerência;

Passo 11- Crie o *time* de implementação: o time de implementação é formado pelas pessoas que efetivamente estão envolvidas na implementação do QRM, como por exemplo, os trabalhadores das células, dentre outros;

Passo 12- Forneça treinamento para o *time* de implementação: esse treinamento é feito por meio das recomendações estabelecidas na seção 4.6;

Passo 13- Implemente as recomendações: essa etapa é a colocação na prática de todas as etapas anteriores;

Passo 14- Revise e apresente o progresso da implementação: nesse passo a realização de *feedbacks* e recompensas dos esforços são medidas adequadas;

Passo 15- Repita o processo com outros projetos QRM: o processo é o mesmo para outros projetos QRM; é claro que conforme os resultados forem aparecendo, alguns passos se tornarão mais fáceis de serem cumpridos.

A seqüência de passos para a implementação do QRM, mostrados acima, estabelecem a lógica de execução dos seus Projetos, conforme mostra a figura 4.10.

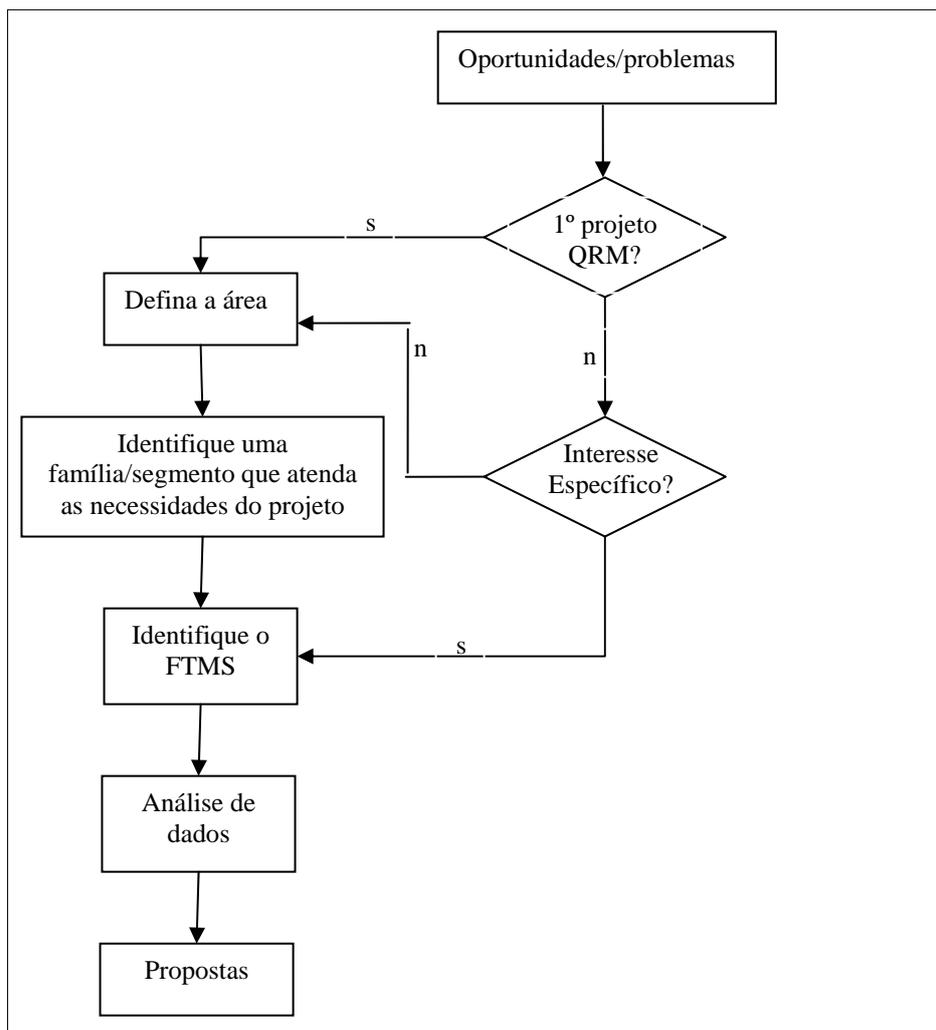


FIGURA 4.10: Lógica de Execução dos Projetos QRM

Fonte: AUTOR

A lógica de aplicação do projeto QRM é bem simples, como mostra a figura 4.10. O projeto é iniciado por uma oportunidade/problema de melhoria no sistema, em seguida é identificada a incidência do projeto. Esse momento é composto por duas etapas de decisões que determinam a necessidade das etapas 2, 3 e 4. Após esse processo decisório, o projeto é alocado para a etapa 3 ou 4 e finalmente é finalizada na seqüência das etapas 4 e 5.

4.6.2 Ferramentas de Coleta e Análise de dados

Nesta seção são focadas, de forma sucinta, as ferramentas de coleta e análise de dados que são fundamentais dentro de qualquer projeto QRM. As ferramentas podem ser utilizadas principalmente nos passos 6 e 8 (mostrados na seção 4.5). São elas:

- a) Mapeamento do MCT: é uma ferramenta que mostra um mapa interfuncional que fornece uma visão de como o trabalho ocorre. Isso fornece um meio fácil para todos entenderem o processo. Essa ferramenta deve fornecer também o *lead time* do processo e auxiliar comparações antes e após sugestões de melhorias;
- b) *Tagging*: é uma técnica que envolve anexar uma etiqueta de identificação a cada etapa do processo, a fim de que esta etiqueta percorra todas as etapas. Ao longo do processo, dados são coletados sobre a duração de cada etapa, a quantidade de tempo em trânsito, os tempos que agregam e os que não agregam valor. Um ponto importante sobre o *tagging* é que os dados são utilizados para analisar o sistema como um todo e não uma pessoa ou departamento;
- c) QRM Detetive: essa é uma técnica investigativa que busca por meio de perguntas-chave oportunidades de melhoria no sistema. As perguntas são feitas por uma pessoa que recebe a identificação de detetive QRM. O detetive QRM inicia seu processo investigativo com a pergunta “Por que este pedido de produção está esperando aqui?”. Após essa pergunta, o detetive QRM, conduz o processo com questões de senso comum (Exemplo: Quanto tempo? O que aconteceu?) para encontrar a causa raiz do longo *lead time*. As respostas obtidas oferecem oportunidades de avanços que podem ser melhor investigados por meio de outras técnicas e ferramentas do QRM;
- d) Gráfico ou Diagrama de Valor Agregado: é um gráfico que divide o *lead time* total de um processo (em dias corridos, contando fins de semana e feriados) em tempos que agregam valor (referentes às atividades do processo que o cliente está disposto a pagar por elas) e outros tempos. Esse gráfico é de suma importância para o QRM, pois ajuda a identificar o que está acontecendo hoje na empresa e quais são as possibilidades de melhoria;
- e) Melhoria Contínua (CI)/ Busca pela perfeição: a aplicação de programas CI no QRM é focada nas variáveis que direta ou indiretamente impactam o *lead time*. Este relacionamento é identificado, por exemplo, por meio da abordagem SD (FORRESTER, 1962) que têm exatamente como objetivo ajudar a captar as relações causais e *feedbacks* entre variáveis de um sistema. Exemplos de trabalhos que realizam estudos com este intuito são Godinho Filho e Uzsoy (2008a; 2008b);
- f) *Brainstorming*: é uma técnica utilizada na maioria das fases de implementação do QRM, uma vez que fornece possibilidades de melhoria e geração de idéias;

g) Ferramentas estatísticas simples: cálculos de médias, moda, mediana, desvio padrão, dentre outras ferramentas estatísticas são fundamentais para o QRM, pois auxiliam na análise do processo estudado;

h) Gerenciamento Visual focado na Redução de *Lead Time*: essa ferramenta permite a visualização do “Número QRM” em todas as estações de trabalho. Isso facilita a tomada de decisão e traz motivação aos funcionários que passam a acompanhar de forma gradual e crescente o resultado do que foi executado.

Suri (1998) ressalta que o QRM não é um conjunto fechado de ferramentas, uma vez que o aprimoramento e inovações são aceitos e desejáveis.

4.7 QRM E ME: ANÁLISE COMPARATIVA NA ÁREA DE PRODUÇÃO

A aplicação do QRM na área de produção, foco desta pesquisa, é melhor explorada por meio da análise de 13 conceitos-chave. Esses conceitos são estudados via um mapeamento entre o QRM e a ME que é resultado de uma análise comparativa entre ambos.

O QRM apresenta 13 conceitos-chave que representam uma síntese dos princípios gerais e dos aplicados à área de produção mais usadas nessa área. A identificação desses 13 conceitos-chave foi obtida por meio de um levantamento bibliográfico dos principais estudos sobre o assunto (Ericksen *et al.*, 2007; Forrester, 1962; Godinho Filho *et al.*, 2008; Suri, 1998).

A ME na área de produção é representada por 12 conceitos-chave que foram apontados nas obras dos principais estudiosos do tema (Henderson e Larco, 2000; Liker, 2005; Rother e Shook, 1998; Womack e Jones, 1998; dentre outros).

Todos esses conceitos já foram detalhados na presente pesquisa, o QRM na seção 1, 4 e 6 desse capítulo e a ME no capítulo 2. A tabela 4.1 mostra os 13 conceitos-chave do QRM e os 12 conceitos-chave da ME utilizados no mapeamento e análise comparativa de ambos.

TABELA 4.1: Conceitos-chave do QRM e, da ME

13 Conceitos-chave do QRM	12 Conceitos-chave da ME
Gestão Focada na Redução do <i>Lead Time</i>	Gestão Focada na Eliminação de Desperdícios
Utilização dos Conceitos e Ferramentas do SD	Estabelecimento do Fluxo Contínuo
Alteração da Gestão de Recursos Humanos	Alteração da Gestão de Recursos Humanos
Entender que a alta Utilização é Inimiga do Baixo <i>lead time</i>	Métodos para atingir o Zero Defeito
Entender o Efeito da Variabilidade	Redução do Tamanho do Lote
Busca pelo tamanho de lote mais adequado a redução do <i>lead time</i>	Produção Puxada e JIT
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Manutenção Produtiva Total (TPM)
Redução de <i>Set Up</i>	Redução de <i>set up</i>
Utilização da Manufatura Celular /Tecnologia de Grupo	Utilização da Manufatura Celular /Tecnologia de Grupo
Utilização do Sistema POLCA	Identificação da Cadeia de Valor e Mapeamento do Fluxo de Valor
Mapeamento do MCT	Busca pela Perfeição
Melhoria Contínua (CI)	Gerenciamento visual
Gerenciamento visual	

Fonte: AUTOR

A escolha da ME dentre os PEGEMs para o mapeamento e análise comparativa com o QRM ocorreu em razão da grande comprovação e consolidação da ME e, também pelas freqüentes comparações e confusões entre ambos.

Nesse panorama, o mapeamento busca contribuir para um melhor entendimento, no que refere às semelhanças e diferenças do QRM e ME. Além disso, tenta propiciar *insights* para a escolha apropriada entre a abordagem QRM e o paradigma ME, de acordo com objetivos e características da empresa/mercado.

4.7.1 Semelhanças e diferenças com relação aos conceitos que aparecem tanto no QRM quanto na ME

Nessa seção são focados os seis conceitos que são aplicados ao QRM e ME, salientando suas semelhanças e diferenças. Basicamente, em quatro desses conceitos existem

diferenças quanto ao foco/objetivo quando estes conceitos são aplicados no QRM e na ME. Já nos outros dois conceitos, nota-se total similaridade quanto ao foco/objetivo. Os quatro conceitos que apresentam diferenças quanto ao foco/objetivo são:

- a) Alteração na Gestão de Recursos Humanos: com relação a esse conceito temos algumas semelhanças tanto no QRM quanto na ME. Ambos defendem a necessidade a descentralização de decisões, as quais devem ser tomadas por equipes de trabalho formadas por trabalhadores multifuncionais (SURI, 1998; HENDERSON e LARCO, 2000). A diferença está tanto no foco quanto no objetivo na aplicação deste conceito: enquanto que no QRM o objetivo é que este conceito proporcione as bases para redução de *lead time*, na ME o objetivo é que este conceito auxilie na identificação e eliminação dos desperdícios existentes no processo. Apesar disso, o foco principal do QRM com relação a este conceito é a existência de trabalhadores multifuncionais, sendo estes proprietários do processo. Já a ME tem um foco muito maior no trabalho em equipe;
- b) Utilização da Manufatura Celular (MC)/Tecnologia de Grupo (TG): a TG vem ao encontro dos interesses QRM e da ME para identificar e agrupar partes similares do processo e/ou produto, de forma a propiciar o agrupamento em células (GROOVER, 2001). No QRM a utilização da Manufatura Celular visa à simplificação do fluxo de materiais no chão de fábrica, o que indiretamente auxilia na redução do *lead time*. Esse conceito é fundamental para o QRM, sendo esta a primeira transformação a ser feita no chão-de-fábrica (conforme estabelece o 2º conceito-chave). Na ME, de acordo com os autores Liker (2005), Rother e Shook (1998), a MC busca primordialmente auxiliar na obtenção do fluxo contínuo do processo e do *takt-time*, sendo que na impossibilidade da implementação desses conceitos a TG e a MC perdem um pouco suas forças. Inúmeros são os exemplos práticos de implementação da ME onde a MC não é utilizada. Dessa forma, é possível notar que a MC ganha maior importância no QRM, quando comparado à ME, sendo primordial para sua implementação;
- c) Melhoria Contínua (CI)/ Busca pela Perfeição: no entendimento de Slack *et al.* (2002) a Melhoria Contínua (CI -*Continuous Improvement*), também conhecida como *Kaizen*, busca trabalhar conceitos culturais prezando não só por resultados momentâneos, mais sim pela manutenção da melhoria implantada. Objetivo este presente no QRM e na ME, porém com diferentes focos e objetivos. No QRM, a CI é aplicada somente após uma noção clara das variáveis que direta ou indiretamente impactam no *lead time*. Tendo-se noção destes relacionamentos, foca-se os programas de CI exatamente nestas variáveis. Já

na ME, a CI é aplicada de forma indiscriminada, o que visa melhorar todos os aspectos de um sistema produtivo;

d) Gerenciamento Visual: ambos, o QRM e a ME, acreditam que o controle visual auxilia em um maior comprometimento e motivação dos trabalhadores, porém utilizam indicadores diferentes. No caso do QRM, o principal indicador é o Número QRM, conforme mencionado na seção 4.3. No caso da ME, alguns dos indicadores utilizados são: rotação de inventário, tamanho de lotes de produção, percentual de peças entregue em *Just-in-time*, dentre outros (LIKER, 2005).

Os dois conceitos que apresentam semelhanças quanto ao foco/objetivo são:

a) Manutenção Produtiva Total (TPM) e Redução de *Set Up*: tanto para o QRM quanto para a ME, a TPM e a redução de *set up* são vistos como conceitos primários para o alcance dos objetivos almejados na gestão desses paradigmas: redução do *lead time* para o QRM; e eliminação de desperdício para ME. A TPM reduz, ou até mesmo elimina, as quebras de máquina se apoiando em três princípios: melhoria das pessoas, melhoria dos equipamentos e Qualidade Total. O baixo tempo de *set up* resulta em menores estoques e menores tempos de ciclos (MARTINS e LAUGENI, 2006; SURI, 1998). Dessa forma, esses dois conceitos apresentam uma similaridade total entre o QRM e a ME.

4.7.2 Semelhanças e Diferenças com Relação aos Conceitos Exclusivos de cada Paradigma

Os sete conceitos exclusivos do QRM na área de produção são:

- a) Gestão focada na redução de *lead time*: o principal objetivo do QRM é a redução do *lead time*, sendo esta sua principal medida de desempenho;
- b) Utilização dos conceitos e ferramentas do SD: permite o entendimento da relação entre as variáveis do chão-de-fábrica que impactam na redução de *lead time*;
- c) Entender que a alta utilização é inimiga do baixo *lead time*; Entender o Efeito da Variabilidade; e Busca pelo tamanho de Lote mais adequado para a redução do *lead time*: são importantes *insights* que surgiram por meio da utilização do SD;
- d) Utilização do Sistema de Controle da Produção POLCA: importante ferramenta utilizada para controlar a produção em pares de células;

e) Mapeamento do MCT: esse conceito direciona as estratégias, decisões adotadas pela empresa e as medidas de desempenho. De acordo com Suri (1998), este mapeamento proporciona entender e explorar o poder do tempo, tendo como foco a redução substancial do *lead time*.

Os seis conceitos exclusivos da ME na área de produção são:

- a) Gestão focada na Eliminação de Desperdícios: a ME objetiva a eliminação de desperdícios em todos os aspectos das atividades de produção de uma empresa: relações humanas, relações com fornecedores, tecnologia e gestão de materiais e estoques. Como definido pelo presidente da Toyota, Fujio Cho, desperdício é “qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e trabalhadores (tempo de trabalho) que não são absolutamente essenciais à produção” (CHASE *et al.*, 2006);
- b) Estabelecendo Fluxo Contínuo: Liker (2005) destaca que a importância do fluxo contínuo se justifica pela total visibilidade do processo, o que permite rápida visualização de problemas e necessidade emergente de sua solução imediata. O autor completa afirmando que o fluxo está no centro da mensagem enxuta de que a redução do intervalo de tempo entre a matéria-prima e os produtos específicos leva a uma maior qualidade, a um menor custo e a um menor preço;
- c) Redução do Tamanho Lote: na ME o ideal é produzir lotes de uma unidade (*One Piece Flow*), o que muitas vezes, na prática, é inviável economicamente. Diante disso, busca-se reduzir ao máximo o tamanho dos lotes, objetivando aumentar a qualidade e flexibilidade, e reduzir estoques (LIKER, 2005);
- d) Utilização da Produção Puxada e *Just-in-time*: a idéia da Produção Puxada (*Pull*) estabelece que um processo inicial não deva produzir um bem ou serviço sem que o cliente o solicite (WOMACK e JONES, 1998). De acordo com Liker (2005), puxar significa o estado ideal de fabricação *Just-in-Time* (JIT) que oferece ao cliente (que pode ser caracterizado pelo processo seguinte) o que ele quer, quando o quer e na quantidade que deseja;
- e) Métodos para atingir o Zero Defeito: o foco na qualidade é uma das características da ME. Isso pode ser visto nas inúmeras ferramentas utilizadas para a redução do número máximo de defeitos (Zero Defeitos), tais como *Seis Sigma* e *Poka-Yoke* (HENDERSON e LARCO, 2000);
- f) Identificação da Cadeia de Valor e Mapeamento do Fluxo de Valor: de acordo com Porter (1986), a cadeia de valor pode ser definida como todas as atividades executadas por uma organização. A identificação da cadeia de valor, como observa Womack e Jones

(1998), expõe quantidades enormes de desperdícios. Sua análise quase sempre identifica três tipos de atividades: as que criam valor; as que não criam valor, porém são inevitáveis com as atuais tecnologias ativas de produção; e as atividades que não criam valor e que podem ser evitadas imediatamente. A ferramenta para se realizar isso é o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM- *Value Stream Mapping*), que objetiva entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue a cadeia de valor.

Na verdade, por meio destes seis conceitos nota-se que a ME objetiva basicamente a redução de desperdício e a melhoria da qualidade, com conseqüentes ganhos de produtividade. Esta constatação está de acordo com Godinho Filho e Fernandes (2005), os quais citam que os objetivos estratégicos da produção focados pela ME são: qualidade e produtividade. Além disso, nota-se também a insistência de princípios e ferramentas que possibilitem à ME gerenciar um sistema de produção com alta variedade de produtos e demanda instável. Essa afirmação também é suportada por diversos autores (CHASE *et al.*, 2006; MASKWELL, 2000; MASON-JONES *et al.*, 2000; dentre outros).

Comparando-se os conceitos exclusivos do QRM com os conceitos exclusivos da ME nota-se que:

- a) Todos os princípios e ferramentas do QRM são focados na redução do *lead time*; isso se contrapõe à gestão focada na eliminação de desperdícios, foco da ME;
- b) O QRM segue a idéia de autores como Hopp e Spearman (2002), os quais salientam a importância de se desenvolver e utilizar abordagem científica para se gerenciar o chão de fábrica. Uma série de métodos e equações matemáticas que descrevem o comportamento das variáveis no chão-de-fábrica é utilizada com o intuito de aumentar o grau de conhecimento/intuição que os gerentes têm do sistema de produção a ser gerenciado. Isso é inexistente na ME;
- c) No QRM, como a variedade de produtos é alta, existe a necessidade de se manter os recursos com utilização de no máximo 70-80%; já na ME isso não ocorre, devido ao fato de que a ME trabalha com uma variedade bem mais baixa que o QRM;
- d) O entendimento de que variabilidade pode ser uma arma competitiva da empresa e, portanto, nem sempre deve ser combatida é uma característica fundamental do QRM e que se distingue bastante da ME;
- e) No QRM, diferentemente da ME, não se busca o tamanho do lote unitário, o que se visa é a redução do tamanho do lote objetivando a redução do *lead time*. Esta atividade do QRM é estabelecida por meio do lote ótimo. Esse lote mais adequado à redução do *lead time* é dado por uma aplicação prática da conhecida Teoria de Filas;

- f) No QRM o sistema de Controle da Produção utilizado é o POLCA que possibilita ao sistema de produção trabalhar com maior variedade de produtos e demanda não estável. Esse sistema ocupa o lugar do *Kanban*, utilizado pela ME. Dessa forma, o QRM é aplicado em ambientes com maior variedade de produtos que a ME;
- g) A primeira etapa para a implementação do QRM é o mapeamento do MCT que substituiu o mapeamento do fluxo do valor, da ME. Este passo vai direcionar a escolha de outros princípios e ferramentas do QRM a serem aplicados na área produtiva;

4.7.3 Análise Comparativa

Dentre os 13 conceitos-chave no QRM e os 12 conceitos-chave na ME, verificou-se que: dois desses conceitos aparecem com total similaridade de foco/objetivo tanto no QRM quanto na ME; quatro desses conceitos aparecem em ambos, porém com alguma diferença no foco/objetivo quando aplicados no QRM e na ME; sete destes conceitos aparecem exclusivamente no QRM; e, seis desses conceitos aparecem exclusivamente na ME. A figura 4.11 mostra essa idéia, fornecendo uma visão geral da comparação entre os conceitos-chave do QRM e da ME.

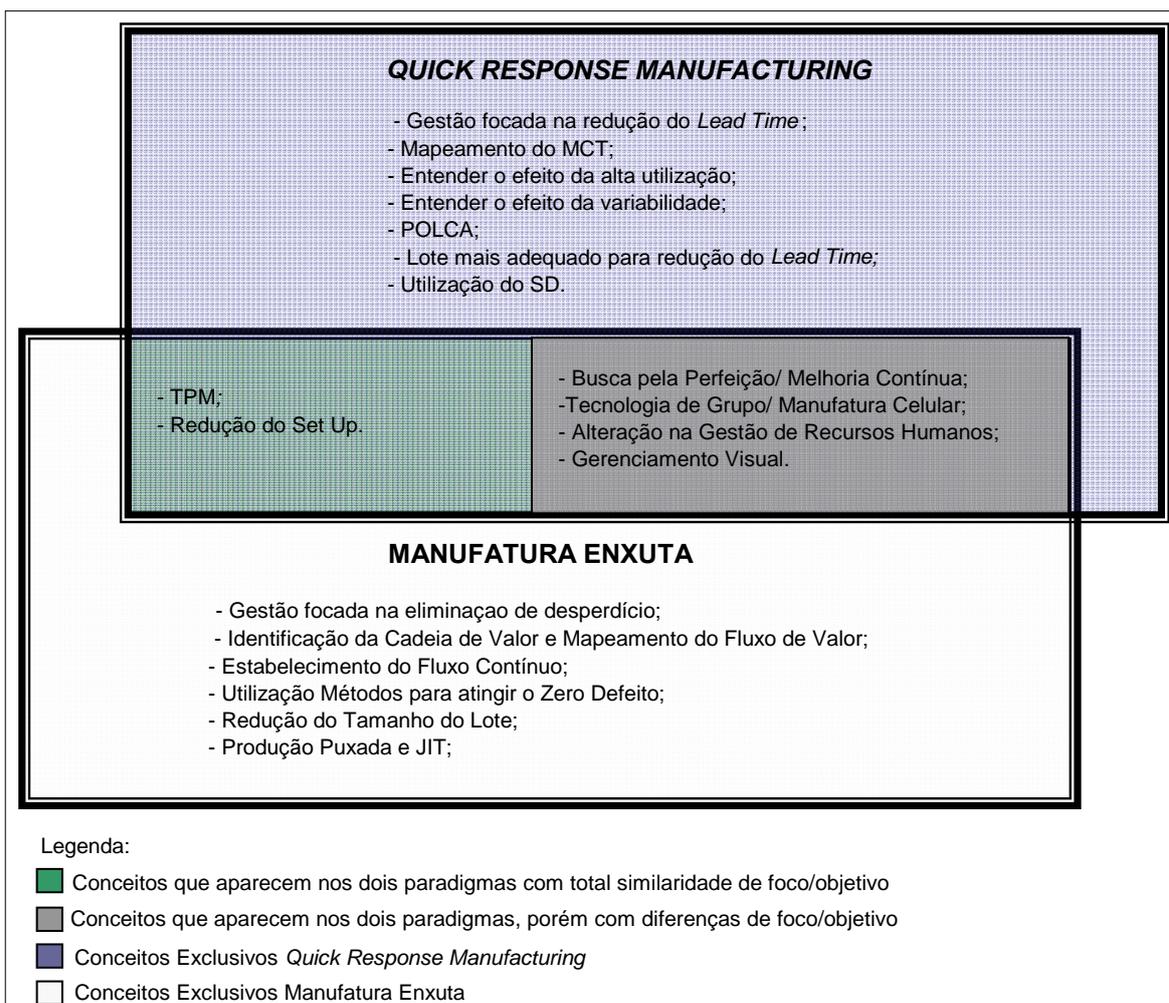


FIGURA 4.11: Uma visão geral da comparação entre os conceitos-chaves do QRM e da ME

Fonte: AUTOR

A partir dessa análise, é possível observar que a aplicação prática do QRM e da ME está relacionado às características do segmento de mercado a ser atingido e, aos objetivos estratégicos priorizados pela empresa. O QRM busca atingir a responsividade, customabilidade e agilidade no processo, em um ambiente com alta variedade de produtos. Já a ME atende a necessidade de um mercado estável, em que os clientes desejam qualidade, baixos custos e uma pequena diferenciação de produtos, conforme detalhado no capítulo 2.

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentados os conceitos, os princípios e principais ferramentas do QRM, bem como, a elaboração da análise comparativa entre a QRM e a ME

para a área de produção. Essa análise possibilitou importantes *insights* a respeito da escolha apropriada entre ambos por meio do mapeamento e de seus principais conceitos associados à área da produção.

Espera-se que os assuntos tratados, nesse capítulo, contribuam para a divulgação do QRM e estimulem sua aplicação em demais pesquisas, haja vista seus inúmeros benefícios. Esses são evidenciados tanto para a prática em empresas como para a área acadêmica em Engenharia de Produção. Na prática, o QRM representa uma nova oportunidade de ganhos competitivos em segmentos de mercado que buscam e valorizam a responsividade e customabilidade. Já para a área acadêmica em Engenharia de Produção, representa uma nova oportunidade de pesquisa na área, ressaltando que essa nova abordagem está aberta à introdução de novas políticas e utilização de novas ferramentas que sejam adequadas à redução de *lead time*. Dessa forma, pesquisas na área do QRM com o objetivo de desenvolver, implementar, avaliar e consolidar novas técnicas para a redução do *lead time* são importantes e desejáveis.

CAPÍTULO 5: ESTUDO DE CASO- COLETA E ANÁLISE DE DADOS

5.1 INTRODUÇÃO

A estrutura do estudo de caso está dividida em seis seções. A primeira apresenta a empresa e o setor estudado. A segunda descreve as quatro etapas de pesquisa a serem desenvolvidas. A terceira coleta dados e define o FTMS. A quarta analisa os dados coletados e levanta os problemas. A quinta apresenta as propostas de melhorias desenvolvidas. E, a última consiste na análise dos resultados da pesquisa. Nesse capítulo, as seções 1, 2, 3 e 4 são apresentadas. As seções 5 e 6 são descritas no capítulo 6.

5.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO SETOR ESTUDADO

A empresa estudada atua no setor de materiais de escrita e por questões confidenciais terá seu nome preservado. A principal subsidiária do grupo está localizada no Brasil, com cerca de 3.000 colaboradores, formada por uma unidade de produção no interior de São Paulo, uma unidade de produção de mudas e operações florestais com industrialização da madeira em Minas Gerais, uma área de plantio e preservação no Paraná, escritórios de marketing e vendas na cidade de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba.

Toda a sua linha de Produtos é aprovada pelo INMETRO, bem como pelos mais exigentes órgãos internacionais (FSC-*Forest Stewardship Council*, ISO 9001:2000, ISO 14001 e Instituto Ethos). Possui, ainda, o selo “Empresa Amiga da Criança” que atesta o seu apoio a projetos sociais importantes para as crianças e adolescentes do nosso país e, também, não utiliza trabalho infantil em sua cadeia produtiva e exige o mesmo, contratualmente, das empresas terceirizadas.

No início da produção no Brasil, a unidade industrial estudada era responsável pela produção de cerca de 172.800 unidades de lápis/ano. Atualmente, alcança a marca de 1,8 bilhões de unidades de lápis/ano e cerca de outros 1.000 itens são exportados para mais de 70 países.

A produção de lápis, foco da presente pesquisa, é agrupada em sete famílias de produtos: lápis grafite, lápis *Dry*, ½ lápis, estojos de 12, 24, 36 e 48 cores. Essas famílias apresentam variações de cores, tamanhos, formatos, espessuras, graduações e acessórios, totalizando aproximadamente 3.000 modelos. Os modelos são basicamente constituídos de:

- a) Madeira: para a produção de lápis são utilizadas madeiras de reflorestamento que recebem tratamento na própria empresa, dando origem a placas. Essas placas são constituídas de canaletas, chamadas de *flys*, onde são inseridas as minas. As placas podem conter de 5 até 10 *flys*;
- b) Mina: parte interna do lápis composta por pigmentos, aglutinantes, minerais e ceras.

Além das semelhanças na constituição dos lápis, os produtos apresentam semelhanças no seu processo produtivo. Dessa forma, é possível afirmar que o processo de fabricação dos lápis é iniciado no setor de lápis cru (LAC), de onde segue para o setor de acabamento, embalagem e, por fim, inspeção. A esse processo está inserida uma etapa de decisão localizada entre o LAC e o acabamento. A figura 5.1 representa o processo produtivo dos lápis de uma forma geral, podendo haver particularidades de acordo com a família de produtos estudada.

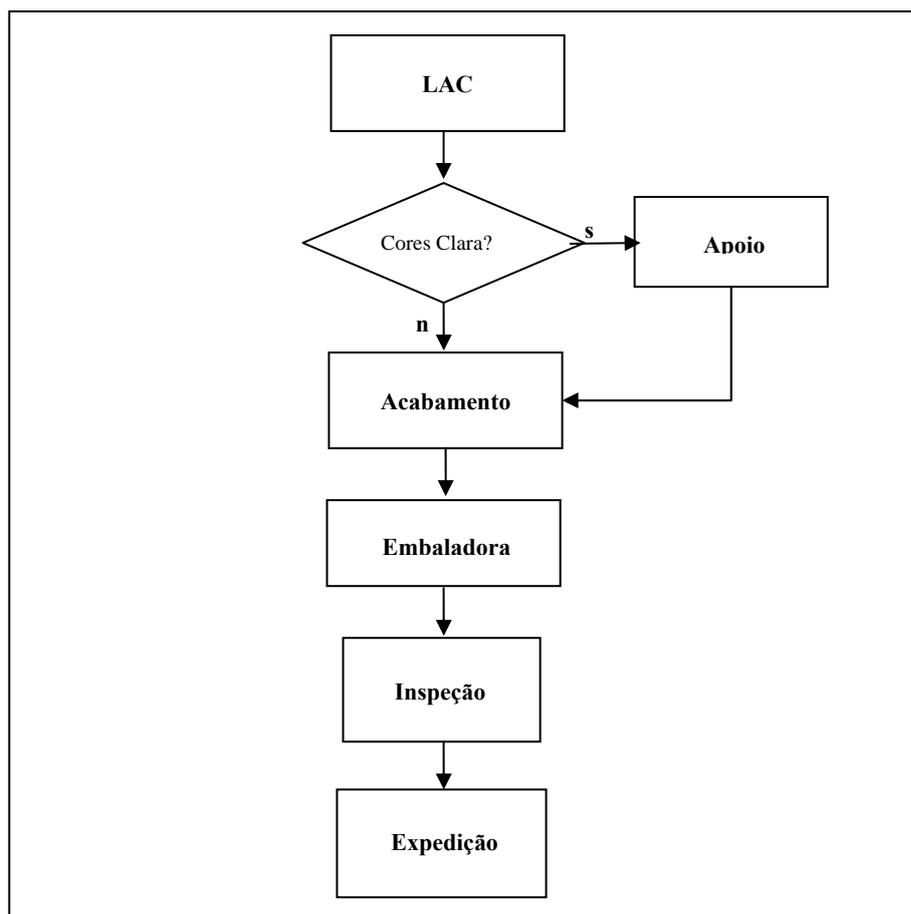


FIGURA 5.1: Fluxograma global do processo de fabricação do lápis

Fonte: AUTOR

A seguir, é apresentada uma breve descrição dos setores identificadas no fluxo acima:

- a) LAC: nesse setor, ocorre a junção da madeira e da mina, denominada pela empresa como “sanduíches”. Em seguida, os mesmos são separados e aparados dando origem às unidades de lápis. O número de lápis formados pelos “sanduíches” depende do número de *flys* da madeira;
- b) Decisão 1: o processo de decisão estabelece a necessidade dos lápis passarem pelo setor de apoio. Essa necessidade é definida pela identificação das cores dos lápis: somente as cores claras (branco, amarelo e laranja) são encaminhadas para o setor de apoio;
- c) Apoio: nesse setor os lápis de cores claras recebem uma camada de tinta;
- d) Acabamento: por esse setor passam os lápis de todas as cores, inclusive os lápis que passaram pelo setor de apoio. Todos receberão duas camadas de tinta e uma de verniz, em seguida, são carimbados com o número de série e a marca da empresa, depois os lápis são aparados e apontados;

- e) Embalagens: os lápis são embalados em estojos que podem conter 12, 24, 36 e 48 cores. Logo em seguida, são selados com plástico de proteção e colocados em caixas maiores;
- f) Inspeção: nesse setor ocorre o processo final de inspeção que é realizada por amostragem.

5.3 AS ETAPAS DE PESQUISA

As quatro etapas que compõem a presente pesquisa estão de acordo com as recomendações feitas por Suri (1998). Essas etapas são constituídas de atividades, ferramentas, técnicas e perguntas-chave específicas:

- a) Etapa 1 - Coleta de dados e definição do FTMS: para realizar essas atividades é necessário capturar dados, analisar o fluxo e identificar o setor que terá maior impacto na redução do *lead time*. Isso é feito por meio do histórico de dados, entrevistas, fluxos dos processos, estudo de tempos e mapeamento do MCT. Nesses procedimentos, as perguntas “o que é importante para a redução do *lead time*? e “por que é importante?” devem ser respondidas;
- b) Etapa 2 - Análise de dados e levantamento dos problemas encontrados: essas atividades são realizadas por meio de simulações, do acompanhamento do processo e de entrevistas não estruturadas. O objetivo é fazer um levantamento dos problemas que acabam resultando em um longo *lead time*. É necessário que as perguntas “o que está acontecendo?” e “por que está acontecendo?” sejam respondidas;
- c) Etapa 3 - Propostas de melhorias: nessa etapa a atividade visa apresentar melhorias para os problemas encontrados. Tais melhorias estão apoiadas no uso das simulações e em conceitos, ferramentas e técnicas utilizadas na abordagem QRM. “Como resolver?” e “como melhorar?” são perguntas que devem ser respondidas. O objetivo desta etapa é propor soluções para os problemas encontrados;
- d) Etapa 4 - Análise dos resultados esperados: essa análise objetiva verificar a eficácia das propostas pelo uso de simulações e de *feedbacks* realizados com a empresa. A pergunta “as propostas atendem os resultados esperados?” deve ser respondida.

A figura 5.2 sintetiza as etapas, procedimentos e perguntas a serem respondidas pela presente pesquisa.

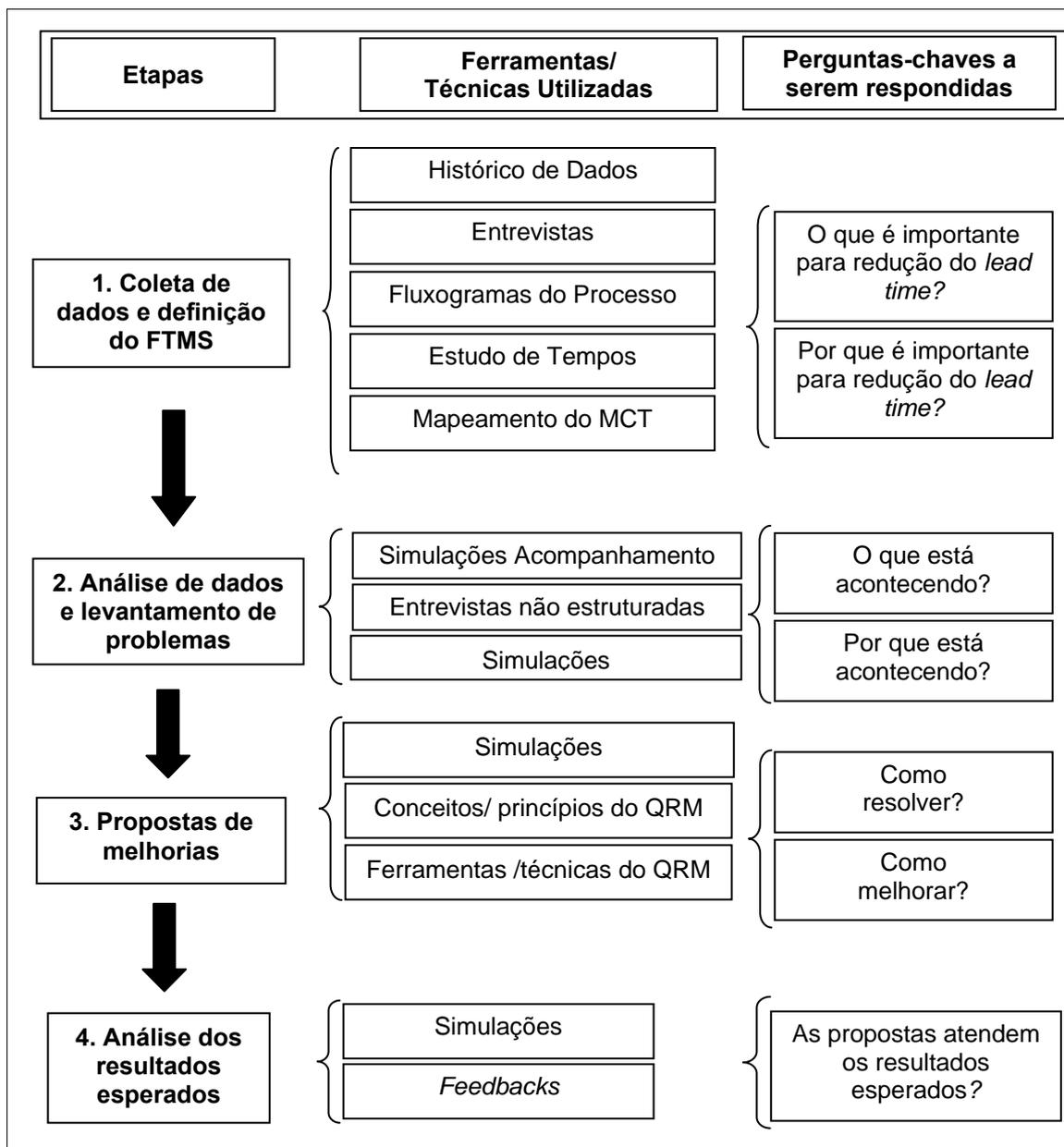


FIGURA 5.2: Síntese das etapas da presente pesquisa

Fonte: AUTOR

5.4 COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DO FTMS

Na fase de coleta de dados, o objetivo é coletar informações necessárias para identificar qual família de lápis é mais representativa a empresa em termos de lucratividade e representatividade. Além disso, faz-se necessário identificar quais os setores produtivos que manufaturam tal família de produtos são mais importantes para redução do *lead times* e por que são importantes, definindo-se, assim, o FTMS.

Para esta etapa foram usadas as seguintes ferramentas e técnicas:

- a) Levantamento do histórico de dados, referente ao percentual de vendas e eficiência dos setores;
- b) Entrevistas não estruturadas elaboradas com base na técnica investigativa denominada por Suri (1998) de “QRM Detetive”. Essa técnica foi aplicada aos gerentes, supervisores e a alguns operadores dos setores estudados, totalizando 11 pessoas;
- c) Fluxogramas do processo elaborado por meio do acompanhamento da rotina das atividades;
- d) Mapeamento do MCT realizado por meio de entrevistas não estruturadas e da técnica *tagging*.

As técnicas e ferramentas descritas foram desenvolvidas no período de 80 dias de permanência da pesquisadora na empresa, o que possibilitou o entendimento e levantamento de importantes informações sobre o sistema. A figura 5.3 ilustra a ordem lógica em que cada uma dessas técnicas e ferramentas foram empregadas no presente estudo.

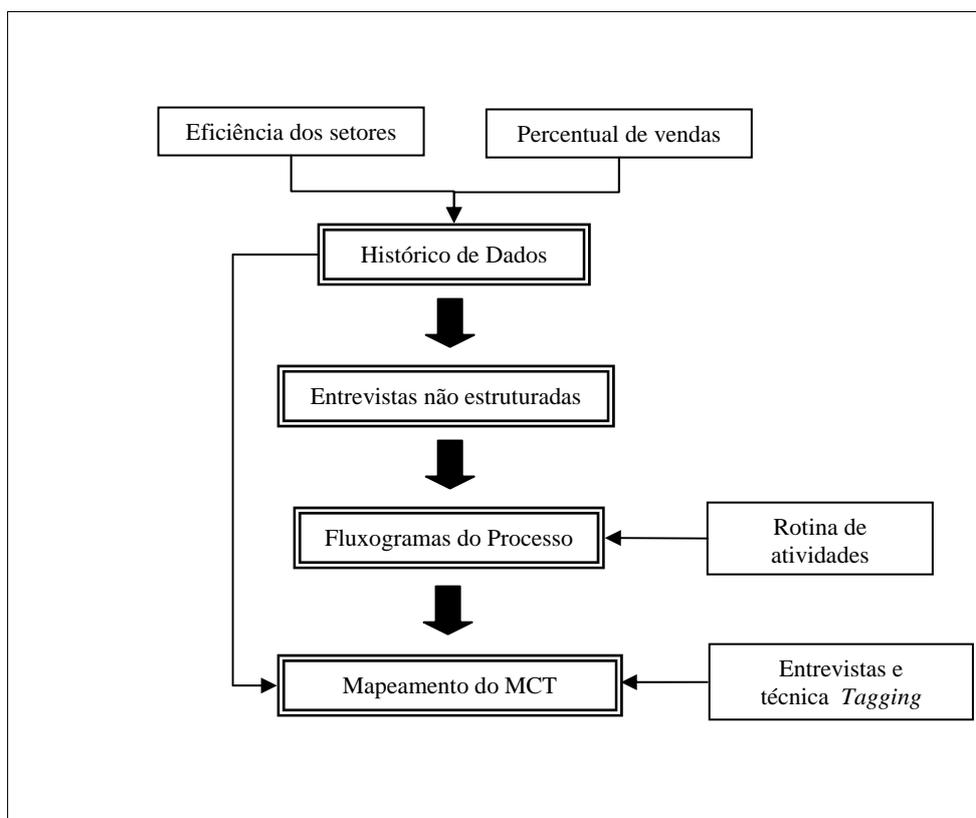


FIGURA 5.3: Lógica de aplicação das técnicas utilizadas na etapa 1 da pesquisa

Fonte: AUTOR

O levantamento do histórico de dados revelou que a família de produtos responsável pela produção dos estojos de 12 cores representa, aproximadamente, 37% da demanda dos mais de 3.000 modelos de lápis ofertados pela empresa. Essa importante característica faz com que o presente projeto QRM possa focar nessa família de produtos, uma vez que a família de produtos identificada representa grande percentual financeiro e estratégico para a empresa.

Para obter maiores informações sobre a referida família de produtos foram realizadas entrevistas junto aos funcionários e gerentes. O processo investigativo permitiu identificar características complementares ao fluxograma mostrado na figura 5.1, sendo tais características específicas para a família de produtos estudada:

- a) “Mercado”: localizado abaixo do setor de acabamento;
- b) Decisão 2: fixada abaixo da embaladora;
- c) Setor de Bico de Cola: alocado entre o setor de embalagens e inspeção.

A figura 5.4 mostra em detalhes o fluxograma para a família de estojos de 12 cores.

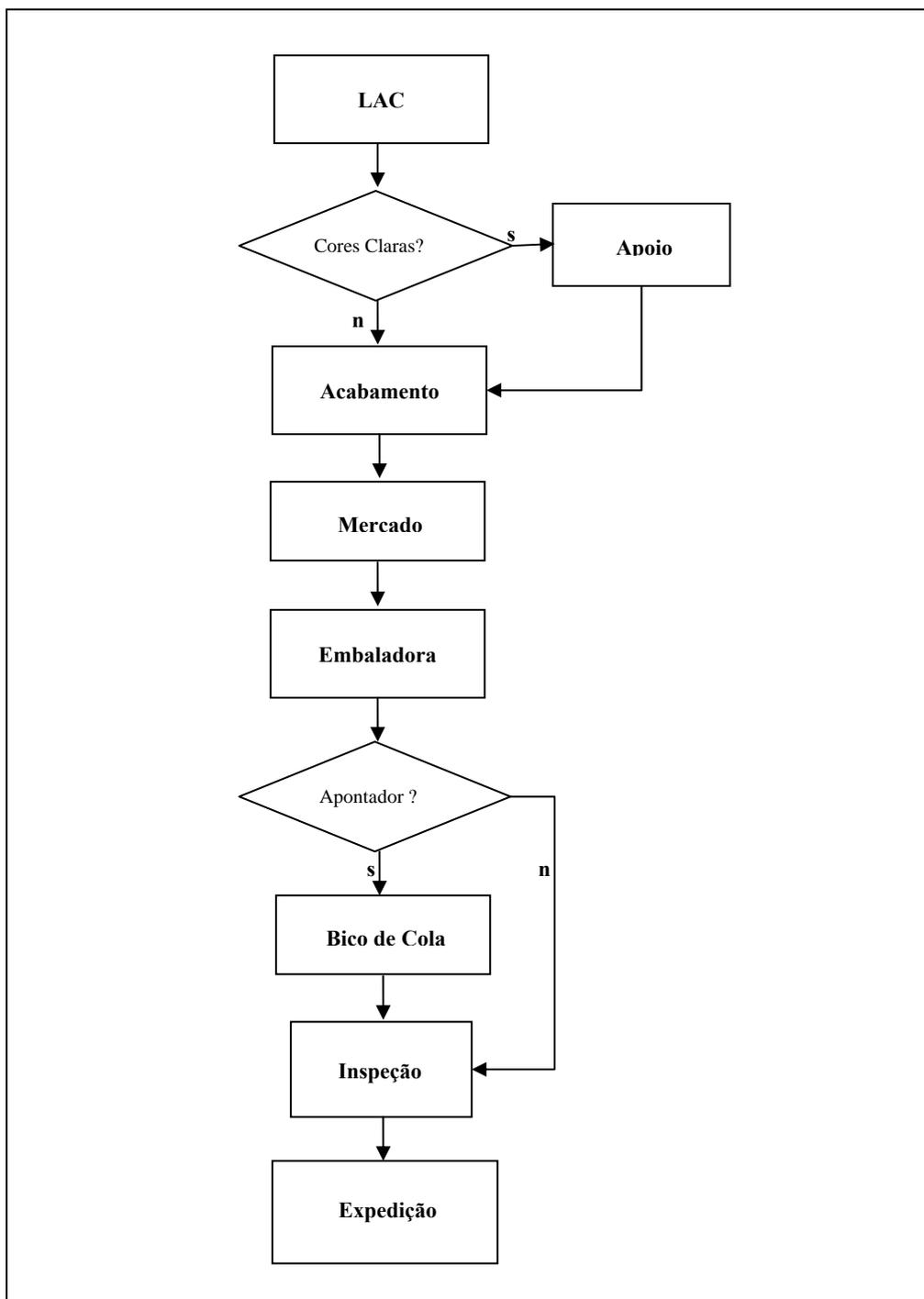


FIGURA 5.4: Fluxograma do processo para a família de estojos de 12 cores

Fonte: AUTOR

Uma breve descrição dos setores identificados no fluxograma da figura 5.4 é apresentada a seguir:

- a) LAC, Apoio, Acabamento, Decisão1, Embaladora, Inspeção e Expedição: são setores que desempenham as mesmas atividades apresentadas no fluxo global do setor de lápis, descritas na seção 5.1;

- b) “Mercado”: esse setor foi projetado pela empresa para armazenar os produtos semi-acabados, para que possam alimentar as embaladoras;
- c) Decisão 2: a etapa de decisão 2 estabelece a necessidade de acoplar um apontador ao estojo de 12 cores. Essa necessidade é definida pelas especificações descritas nos pedidos feitos pelos clientes;
- d) Bico de Cola: os apontadores são acoplados aos estojos, conforme necessidade definida na etapa de decisão 2.

Após a definição da família de produtos a ser focada na presente pesquisa, vem o mapeamento do MCT que foi elaborado por meio de entrevistas não estruturadas e da técnica *tagging*. Essas técnicas permitiram identificar os tempos do processo que agregam ou não valor ao produto e, também, o *lead time* estimado para produção do produto estudado. A figura 5.5 mostra o mapeamento do MCT para a família de produtos estudada.

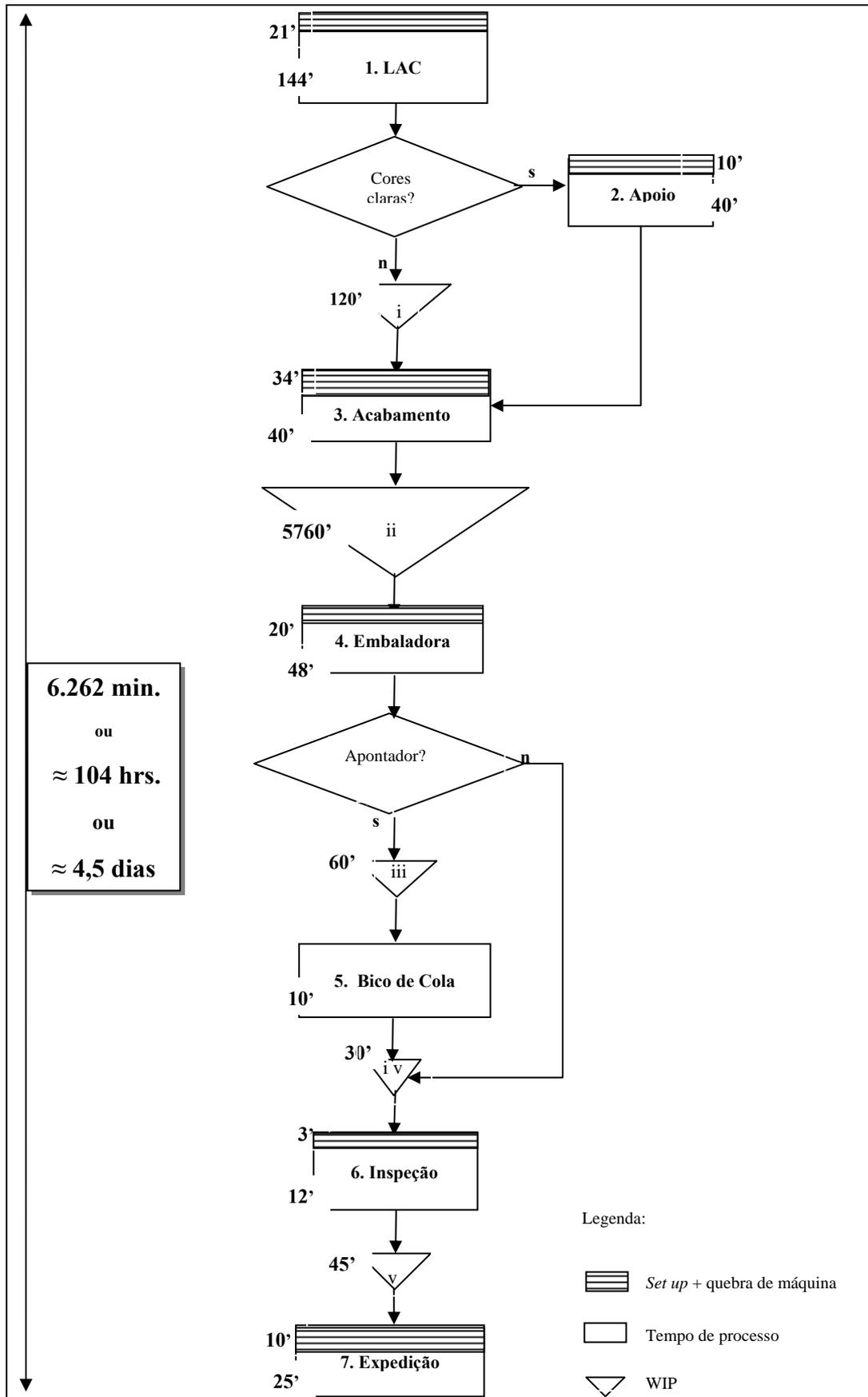


FIGURA 5.5: Fluxograma o Mapeamento do MCT para a família de estojos de 12 cores

Fonte: AUTOR

O mapeamento do MCT representado na figura 5.5 identificou que um lote pode demorar até 4,5 dias até que seja concluído. Essa situação ilustra o pior caso da empresa. As variações nesse tempo podem existir e serão investigadas na próxima seção. Além disso, a figura mostra que os tempos que agregam valor (tempos de processo) foram representados por retângulos brancos e os tempos que não agregam valor por retângulos hachurados e triângulos. Os retângulos hachurados representam os tempos de *set up* e de quebra de máquinas, já os triângulos, os de WIPs.

Além dessas informações, o mapeamento mostrou o caminho crítico do processo que foi representado pelos retângulos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, etapas de decisão 1 e 2 e os triângulos i, ii, iii, iv e v. A soma de todos os tempos identificados nesse caminho crítico possibilitou o cálculo do MCT da família de estojo de 12 cores, estimado em 6.262 minutos. Deste total, em apenas 199 minutos ocorre agregação de valor (somatório dos retângulos brancos 1, 2, 4, 5, 6 e 7). Os outros 6.063 minutos são tempos que não agregam nenhum valor ao produto (somatório dos retângulos hachurados 1, 2, 4, 5, 6 e 7 e, também, dos triângulos i, ii, iii, iv e v).

A relação de percentual de tempo que agrega ou não valor ao *lead time* total do processo pode ser visualizada pela figura 5.6.

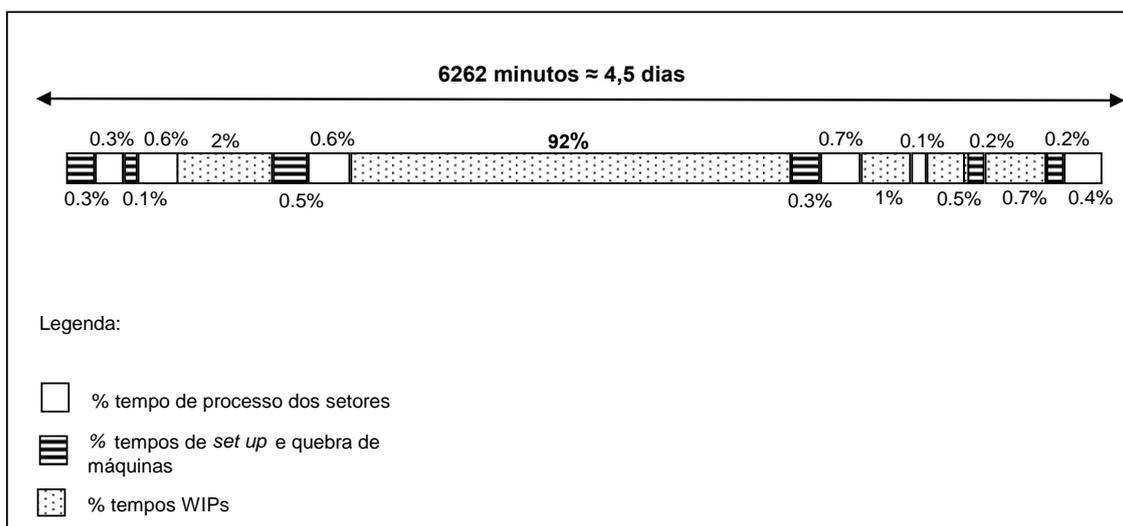


FIGURA 5.6: MCT para a família de estojos de 12 cores

Fonte: AUTOR

Na figura 5.6, os retângulos em branco são os percentuais de tempo que agregam valor e os outros retângulos hachurados representam os percentuais que não

agregam. Esses últimos são formados pelos tempos de WIPs, de *set ups* e quebra de máquinas.

A relação de ambos os percentuais com o *lead time* total do processo permitiu constatar que em média apenas 3% do tempo total agregam valor e os outros 97% não agregam. Verificou-se que o setor denominado pela empresa como “mercado” (WIPii), ilustrado pelo maior espaço em branco da figura 5.6, representa sozinho 92% do total de tempo que não agrega valor, ou seja, 5.760 minutos do MCT.

A análise conjunta das figuras 5.5. e 5.6 chama a atenção para o WIPii, uma vez que representa o maior percentual de tempo que não agrega valor. Além desse setor, o LAC, o acabamento e as embaladoras também serão investigados, pois apresentam relação direta com o WIP mencionado e grandes percentuais de tempo que não agregam valor (figura 5.6).

Dessa forma, o FTMS estudado engloba o WIPii e os setores do LAC, acabamento e embaladoras.

5.5 ANÁLISE DE DADOS E LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS

A etapa 2 foi dividida em duas partes: descrição da planta e do processo e levantamento de problemas.

5.5.1 Descrição da planta e do processo

A seguir é apresentada a descrição dos setores que constituem o FTMS identificado: LAC, acabamento, WIPii e embaladoras. A descrição apresenta e caracteriza a planta, os recursos utilizados e o planejamento e controle da produção desses setores, visando auxiliar no entendimento das causas do longo *lead time*.

5.5.1.1 Planta e Recursos

O objetivo desta descrição é oferecer uma visão geral do funcionamento da planta e dos recursos empregados, aos quais estejam associados, ou que interfiram no FTMS identificado nesse estudo.

Os setores do LAC, do acabamento e de embalagem são constituídos por linhas de produção. Nesse ponto é importante observar que as linhas são entendidas como um conjunto de atividades produtivas necessárias à fabricação de uma etapa do processo total de fabricação dos lápis.

A quantidade de linhas para cada setor foi determinada por meio do cálculo da demanda final do produto. Por questões confidenciais, o valor da demanda será preservado. A tabela 5.1 mostra a taxa de produção (grosas¹ /hora) e o número de linhas para cada setor e, também, a taxa de produção total.

TABELA 5.1: Taxa média de produção para cada linha do LAC, acabamento e embaladoras

Setores	Taxa de média de produção para cada linha (grosas/hora)	Número de linhas
LAC	300	2
Acabamento	180	4
Embaladora	160	5

Fonte: AUTOR

Com base na tabela 5.1 é possível identificar que o setor do LAC é formado por duas linhas, o acabamento por quatro e as embaladoras por cinco. Em cada um destes setores existem quatro funcionários por linha. A figura 5.7 mostra o número de linhas de produção e o número de funcionários para cada setor.

¹ Grosa é a medida de quantidade equivalente a doze dúzias (144 unidades).

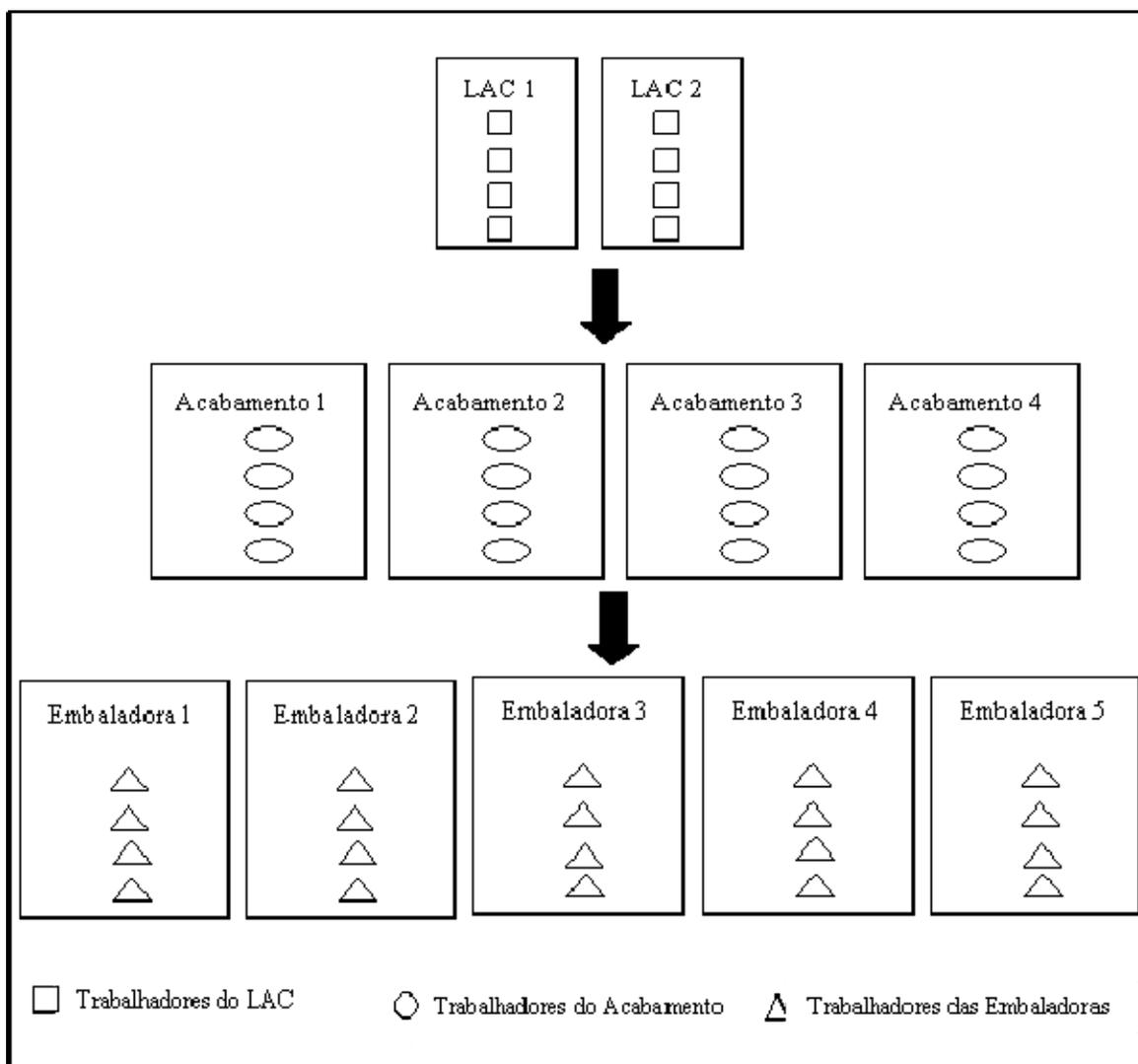


FIGURA 5.7: Caracterização dos setores do LAC, acabamento e embaladoras

Fonte: AUTOR

A figura 5.7 permite constatar que as duas linhas que constitui o LAC são idênticas, o mesmo ocorre nas linhas dos setores do acabamento e de embalagem. Além disso, a figura ilustra o funcionamento desse sistema. O setor do LAC alimenta o acabamento que, por sua vez, encaminha os lápis até o WIPii onde permanecem até a produção das dozes cores necessárias para o início das atividades do setor de embalagens.

5.5.1.2 O Planejamento e Controle da Produção

O planejamento da produção da empresa estudada se inicia por meio de previsões de demanda e carteira de pedidos do mercado externo e interno. Essas informações

alimentam o planejamento da produção com a relação às quantidades, especificações e datas de entregas. Isso é feito de forma manual por planilhas eletrônicas. Em seguida, são feitas análises dos produtos que a empresa já possui em estoque e os quais deverão ser produzidos. Aqui é importante observar que a empresa responde a demanda por meio de políticas do tipo *make-to-order* e *make-to-stock*. A produção *make-to-order* busca atender ao mercado externo, visto a instabilidade de sua demanda. Já a produção *make-to-stock* está voltada ao mercado interno que apresenta maior estabilidade de demanda.

Após a identificação da necessidade de produção, ocorre a revisão do planejamento da produção baseado na consolidação das vendas em um horizonte de quatro semanas. Essas informações alimentam o sistema ERP (*enterprise resource planning*: planejamento dos recursos empresariais) da empresa SAP que envia o planejamento de quatro semanas para o PCP do setor; no caso deste estudo, para o responsável do PCP dos estojos de 12 cores, alocado no chão-de-fábrica.

O responsável do PCP setorial define as prioridades de produção e aloca os recursos diariamente. As prioridades de produção são definidas através dos prazos de entrega de cada pedido. Nesse momento, os pedidos são organizados em lotes de produção, dando origem a uma lista de pedidos.

A organização dos pedidos e lotes ocorre da seguinte forma: para um pedido de, por exemplo, 15.600 grosas do lápis modelo X devem ser produzidas para cada uma das 12 cores, aproximadamente, 1.300 grosas (o tamanho do pedido em grosas dividido pelo número de cores a serem produzidas). A restrição das embaladoras de iniciarem suas atividades após a formação das 12 cores impede que as 1.300 grosas sejam produzidas em um único lote, uma vez que as embaladoras ficariam paradas por muito tempo. Dessa forma, o número de grosas por cor é organizado em lotes de produção, cujo tamanho é de 120 grosas. O resultado são 11 lotes de cada cor de lápis (11 lotes de 120 grosas da cor branca, 11 lotes de 120 grosas da cor azul até completar as 12 cores dos estojos), sendo essa lógica a mesma para tamanhos de lotes diferentes. Nesse ponto é importante observar que existem dois tipos de *set ups*. O primeiro que ocorre pela troca do produto, o qual é definido pela entrada de um novo pedido. O segundo ocasionado pela troca de cor, gerado pelos novos lotes a serem produzidos.

A lista de pedidos é gerada pelo PCP setorial e enviada ao gerente de produção que, por sua vez, encaminha ao supervisor do setor de embalagens. Tendo em mãos esta lista, o supervisor controla através de cartões *kanbans* a produção do seu setor e define o que ser produzido nos setores do LAC e acabamento. Além disso, o supervisor do setor de embalagens determina qual e em que quantidade os cartões *kanbans* devem ser utilizados e,

também, o número de *loops* destes cartões. O funcionamento deste sistema de planejamento e controle da produção é mostrado na figura 5.8.

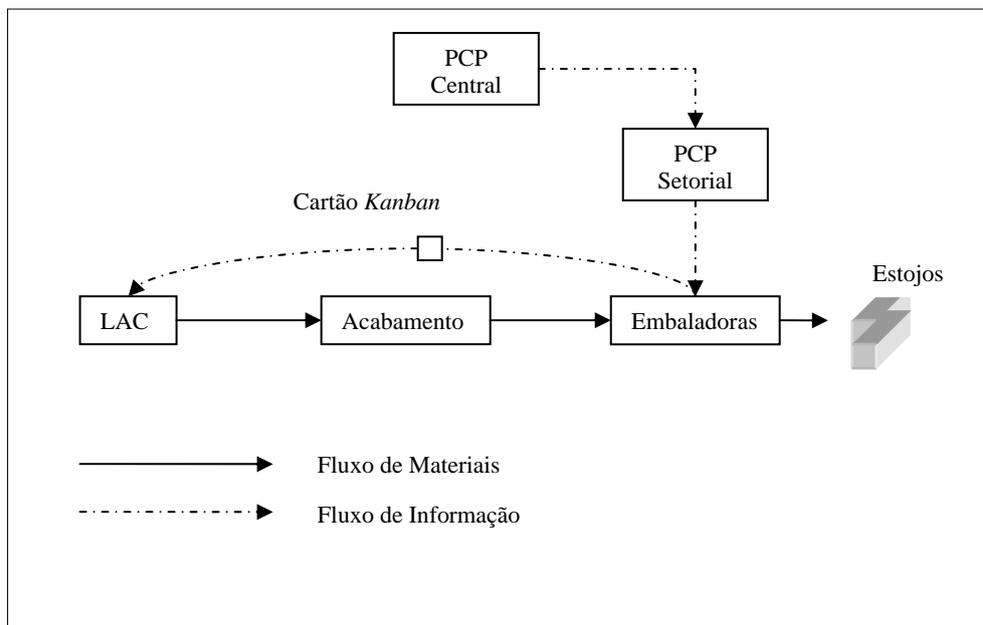


FIGURA 5.8: Esquema do sistema de planejamento e controle da produção da empresa estudada

Fonte: AUTOR

O esquema apresentado na figura 5.8 e as descrições já realizadas nesta seção permitem identificar importantes características do sistema de PCP do produto estudado. As características evidenciadas na coordenação de ordens apresentam atributos de um sistema empurrado e puxado, ou seja, um sistema híbrido. As características do sistema empurrado são evidenciadas pela programação do último estágio produtivo (embalagens) e, as do sistema puxado são evidenciadas pela utilização dos cartões *kanbans*. Os *loops* dos cartões (demonstrados na figura 5.8), a utilização da lista de pedidos e a programação do último estágio produtivo são características que aproximam teoricamente a coordenação utilizada pela empresa do sistema CONWIP H, descrito por Fernandes e Godinho Filho (2007).

Em relação aos cartões *kanbans* é importante destacar que cada cartão *kanban* representa um lote de produção de 120 grosas. Além disso, identificam a cor, o tipo do produto, a aprovação do lote e o número de *loops* do cartão.

A empresa determinou que o número de cartões para cada variedade e cor do produto é igual a 3. Isso significa que um estoque de 12 cores do modelo X possui 3 cartões para cada uma das 12 cores, totalizando 36 cartões por variedade de produto. Essa totalidade de cartões representa um nível crítico de WIP (W) de 4.320 grosas para cada giro de três cartões (o tamanho do lote multiplicado pelo número de cartões). Aqui é importante observar

que o nível crítico de WIP é a quantidade mínima de estoque necessária para o funcionamento do sistema e que o número de giros depende do tamanho do pedido a ser produzido.

Sabendo que a taxa média de produção do gargalo é de 600 grosas/hora (taxa de produção do LAC vezes o seu número de linhas, tabela 5.1) e que o nível crítico de WIP (W) para a situação descrita anteriormente é de 4.320 grosas, é possível aplicar a Lei de *Little* (HOPP e SPEARMAN, 2002). Essa lei é mostrada na fórmula 5.1:

$$W = t_g \times L_{sf} \quad (5.1)$$

Onde:

W é o nível crítico de WIP, com os valores de t_g e L_{sf} , sem variabilidade;

t_g é a taxa média de produção (peças produzidas em um intervalo de tempo) do setor produtivo que apresenta a mais alta utilização. No caso estudado, é dado por 600 grosas/hora (soma da taxa média de produção das linhas que constitui o setor do LAC, conforme tabela 5.1);

L_{sf} é o *lead time* sem fila (tempo médio para que uma atividade atravesse as linhas de produção sem que esta tenha de esperar pelo processamento das outras).

Portanto, para o caso analisado tem-se:

$$L_{sf} = \frac{4.320 \text{ grosas}}{600 \text{ grosas / hora}} = 7,2 \text{ horas} \quad (5.2)$$

A aplicação dessa fórmula resulta no menor *lead time* que a empresa pode atingir a cada giro de três cartões, estimado em 7,2 horas. Essa situação mostra o melhor caso para o sistema, pois não são consideradas as variabilidades nos tempos de processamento e nos tempos de chegada.

Os autores Hopp e Spearman (2002) denominam essa situação como *Best-Case Performance* (melhor desempenho possível). Sua identificação permite prever os melhores resultados possíveis, o que facilita o entendimento do sistema estudado.

As causas das variabilidades do sistema que afetam o *lead time* serão levantadas na próxima seção.

5.5.2 Levantamento de problemas

As causas do longo *lead time* para a família de estojos de 12 cores foram levantadas por meio do acompanhamento da rotina do processo, de entrevistas não estruturadas junto aos funcionários da empresa e de simulações.

As entrevistas não estruturadas foram realizadas junto aos funcionários do chão-de-fábrica, em média um funcionário de cada setor, seus respectivos supervisores e gerentes. As perguntas eram elaboradas de acordo com os problemas identificados ao longo dos 80 dias em que a pesquisadora permaneceu na empresa, visando à identificação das causas e os efeitos do longo *lead time*.

A simulação foi realizada com base nos dados e informações do cenário atual da empresa por meio do *software* MPX (mostrado no capítulo 4), tendo como foco o FTMS estudado.

O uso da simulação permite visualizar as interações das variáveis do chão-de-fábrica e seus impactos no *lead time*. Além disso, a simulação permite explorar os benefícios de uma série de técnicas modernas de gestão da produção, tais como: manufatura celular, TPM, busca pelo lote ótimo, entre outras. Dessa forma, as causas raízes do longo *lead time* e as oportunidades de melhoria no sistema de produção serão identificadas e exploradas.

Para atingir esses objetivos, foram utilizados como dados de entrada (*inputs*) a demanda anual (a ser preservada a pedido da empresa), o tamanho do lote de produção, os tempos de processo identificados no MCT (figura 5.5), o número de linhas dos setores, o número de funcionários (figura 5.6) e os tempos entre falhas dos equipamentos, bem como os seus tempos de reparo. A tabela 5.2 mostra esses dados referentes às linhas de produção que constituem os setores estudados (LAC, acabamento e embaladoras).

TABELA 5.2: *Inputs* para simulação via MPX

<i>Inputs</i>	Setores		
	LAC	Acabamento	Embaladora
1. Demanda anual	xxx	xxx	xxx
2. Tamanho do lote (grossas)	120	120	120
3. Tempo médio de Processo (minutos)	24	40	48
4. Número de Funcionários em cada linha	4	4	4
5. Número de Linhas	2	4	5
6. Tempo médio entre falhas (minutos)	300	500	55

7. Tempo médio de reparo (minutos)	30	40	20
------------------------------------	----	----	----

Fonte: AUTOR

A tabela 5.2 apresenta os dados de entrada usados nas simulações. As linhas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam os dados coletados na primeira etapa dessa pesquisa. Já a linha 5 apresenta os tempos entre falhas para um dia de trabalho, isso representa que em um dado tempo X a produção de uma das linhas que constitui os setores analisados é interrompida; a última linha apresenta o tempo médio de reparo para cada linha.

As variações no processo foram estimadas em 50%, de acordo com as constatações feita pela pesquisadora durante seu período de permanência na empresa. Isso significa que os tempos de processo, entre falhas e quebras de máquina, mostrados na tabela 5.2, podem variar 50% para mais ou para menos. Estas constatações foram inseridas na simulação por meio de um recurso do *software* MPX que permite tratar tais variações dentro de um parâmetro de 20 a 100%.

O percentual de utilização dos setores, o nível de WIP e o *lead time* são resultados obtidos via as simulações, os quais possibilitam obter importantes *insights* sobre as possíveis causas para o longo *lead time* a serem identificadas nesta seção.

A próxima seção simula a situação atual da empresa, valida os dados levantados e avalia os efeitos das políticas adotadas pela empresa na utilização dos setores, dos níveis de WIP e do *lead time*.

5.5.2.1 Cenário 1: Situação Atual da Empresa

De forma sintetizada, o cenário 1, situação atual da empresa para a produção de estojos de 12 cores, pode ser dividido em dois casos, conforme política atual da empresa:

1. Produção de pedidos “pequenos”: 1 LAC, 1 acabamento e 1 embaladora são destinados para os pedidos inferiores a 8.000 grosas, sendo que o produto final deste processo é tratado nesta pesquisa como “pequenos”;
2. Produção de pedidos “grandes”: 1 LAC, 3 acabamentos e 4 embaladoras são destinados para pedidos superiores a 8.000 grosas, cujos produtos finais são aqui tratados como “grandes”.

A empresa justifica a adoção dessa política de alocação de recursos em função do tamanho do pedido da seguinte forma:

- a) A alocação de todos os recursos para os pedidos pequenos aumentaria os tempos de *set up*, pois o giro de produtos seria maior;
- b) Para pedidos pequenos não existem carimbos suficientes para todas as quatro linhas do setor de acabamento;
- c) O percentual de pedidos pequenos é de apenas 17% da demanda total, o que não justifica os investimentos em carimbos.

A decisão da empresa de adotar essa política criou esses dois casos relacionados à alocação de recursos que, por sua vez, apresentam dois diferentes *lead times*: um para os pedidos “pequenos” e o outro para os pedidos “grandes”.

A justificativa dada pela empresa para o emprego dessa política é que sua utilização ameniza os atrasos nas entregas dos pedidos “grandes”. Nesse ponto é importante observar que a produção de pedidos “pequenos” sofre ainda a interferência de outra política adotada pela empresa, a qual transfere para esses recursos parte dos lotes que constituem os pedidos “grandes”. Isso caracteriza exatamente o que Suri (1998) denomina como *rush orders* (capítulo 4).

As figuras 5.9, 5.10 e 5.11 mostram os resultados da simulação realizada no *software* MPX. Nessas figuras é possível analisar os efeitos dessas políticas na utilização dos setores, no nível de WIP e no *lead time* para os pedidos “pequenos”.

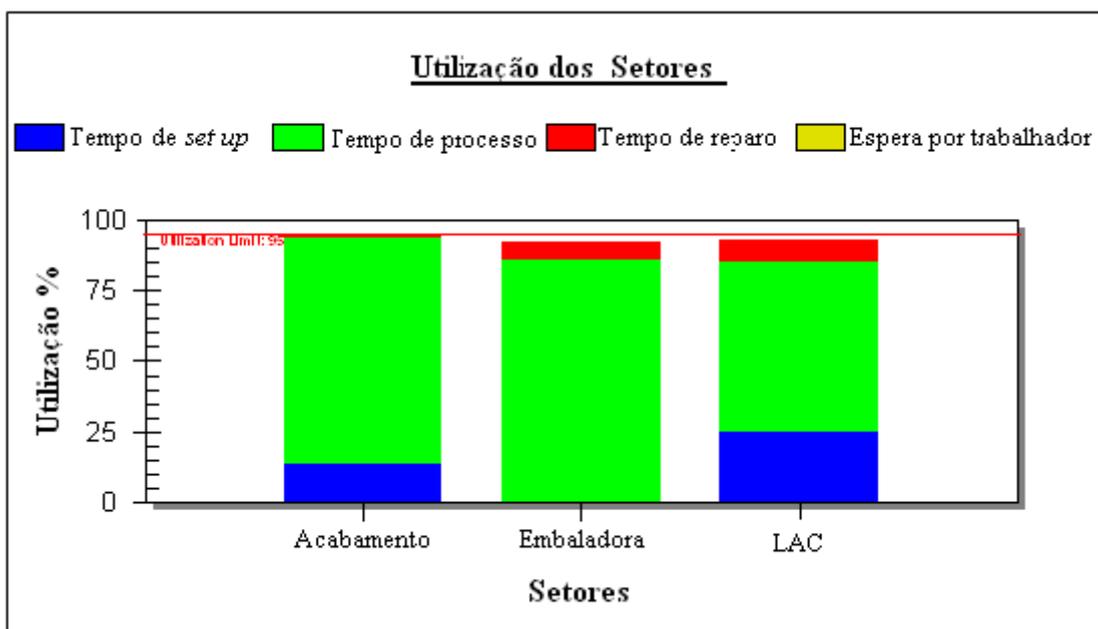


FIGURA 5.9: Utilização dos setores para os pedidos “pequenos”

Fonte: AUTOR

A figura 5.9 mostra o percentual de utilização de cada um dos setores estudados. Nota-se que todos os três setores apresentam utilizações superiores à recomendada por Suri (1998), definidas entre 70 e 80%. O setor de acabamento apresenta uma taxa de 94,5%, o de embalagens de 91,8% e o do LAC de 89,0%.

Além disso, essa figura mostra também o percentual de utilização gasto em cada setor com os tempos de *set up*, processo, reparo e espera por trabalhador. Isso oferece importantes *insights* para a melhoria do sistema:

- a) Vê-se que esforços para a redução nos tempos de *set up* do acabamento e do LAC têm potencial para trazer reduções na utilização desses dois setores, uma vez que 15 e 25 % de utilização desses setores, respectivamente, é gasto com operações de *set up*. O setor de embalagens não apresenta tempo de *set up* significativo;
- b) Vê-se também que esforços para a redução nos tempos entre falhas, reparo da embaladora e do LAC têm potencial para trazer reduções na utilização desses dois setores, uma vez que 10 e 20 % de utilização desses setores, respectivamente, é gasto com quebra de máquinas e operações de reparo. O tempo de reparo do setor de acabamento não apresenta valores significativos para estas análises;
- c) O número de funcionários nos setores satisfaz as condições do sistema, pois na figura não existe a espera por funcionários.

A alta utilização dos setores para produção de produtos “pequenos”, bem como a política de alocação dos pedidos e das *rush orders* impactam negativamente os níveis de WIP do sistema. A figura 5.10 mostra este efeito.

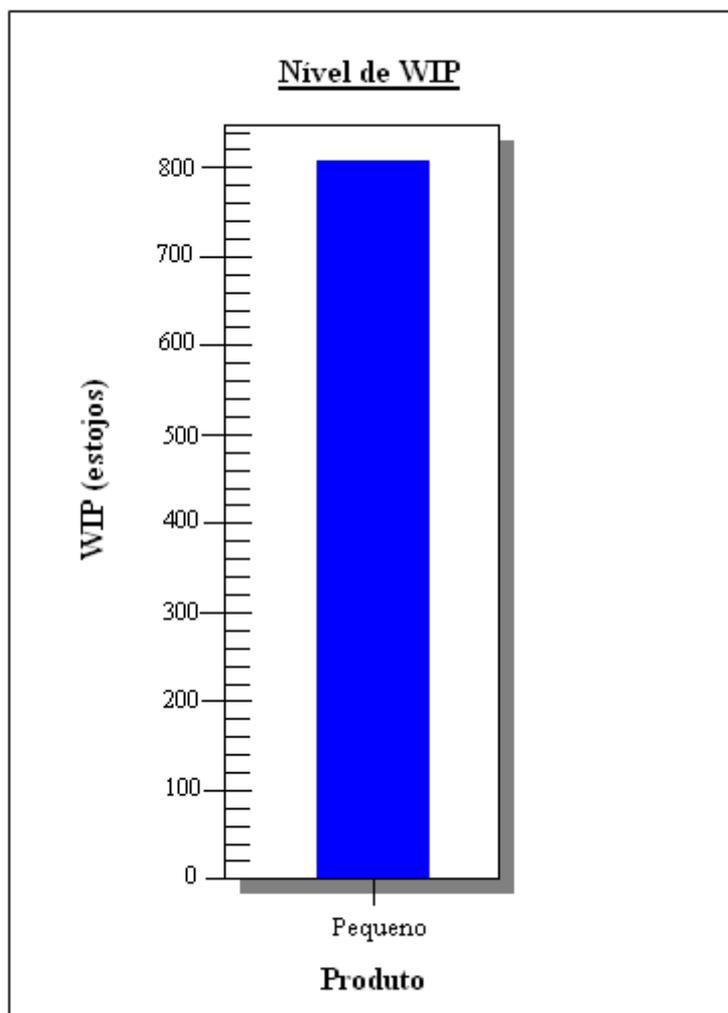


FIGURA 5.10: Nível de WIP para os pedidos “pequenos”

Fonte: AUTOR

O nível de estoque apresentado pela figura 5.10, aproximadamente 9.840 grosas (WIP em estojos multiplicado pelo número de cores por estojos (12)), é muito alto. Esse valor é superior ao valor calculado pela empresa, 4.320 grosas, em 227%, o que impacta de forma negativa o *lead time* (conforme visto no capítulo 4). Isso significa que, apesar do sistema ter sido calculado para trabalhar com 36 cartões (12 cores de lápis multiplicado por 3 cartões, seção 5.4.1), na prática o sistema trabalha com 82 cartões apenas para os pedidos “pequenos”, dando origem ao nível de estoque determinado pela simulação (9.840 grosas) e constatado pela pesquisadora *in-loco*.

A figura 5.11 ilustra o *lead time* do produto “pequeno” que representa o tempo médio, em dias corridos, necessários para a produção dos estojos de 12 cores, cujos pedidos são inferiores a 8.000 grosas.

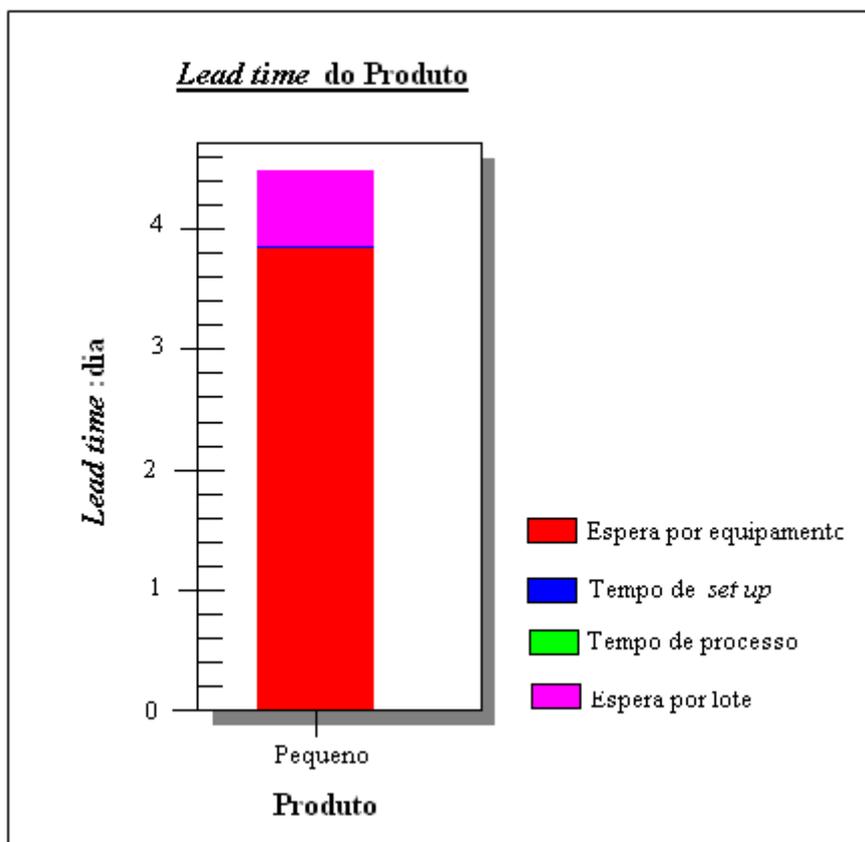


FIGURA 5.11: *Lead time* para os pedidos “pequenos”

Fonte: AUTOR

A figura 5.11 mostra um *lead time* de aproximadamente 4,5 dias, o que reflete a situação revelada no mapeamento do MCT (figura 5.5). Essa compatibilidade de dados entre o mapeamento do MCT e esta simulação confirma os dados coletados, o que possibilita à análise conjunta de ambas as técnicas, revelando importantes informações sobre o sistema.

Pela análise do MCT foi possível identificar que aproximadamente 97% do seu *lead time* não agrega valor. Esse alto percentual representa os tempos de *set ups*, quebra de máquinas e WIPs, os quais podem ser verificados pela figura 5.11. Essa figura revela que grande parte desse tempo está associada à espera por equipamento, aproximadamente 3,8 dias, ou seja, 85 % do *lead time* total. O restante do *lead time* total é representado por 14% equivalente à espera por lote (0,62 dias aproximadamente), 0,7% representado pelo tempo gasto com *set up* (0,03 dias aproximadamente) e apenas 0,22% de tempo de processo (0,01 dias aproximadamente).

A espera por equipamentos está relacionada principalmente à alocação de apenas uma linha de cada setor para os pedidos inferiores a 8.000 grosas e, conseqüentemente, à alta taxa de utilização dos recursos (figura 5.9) que, por sua vez, está associada à alta

frequência de quebra de máquinas (seus tempos de reparo) e aos tempos de *set up* (figuras 5.9 e 5.11). Já a espera por lote está associada diretamente ao tamanho do lote adotado pela empresa (120 grosas) que busca (erroneamente) solucionar os problemas gerados pelos altos tempos de *set ups*.

Nota-se ainda pela figura 5.11 que o tempo de processo é muito baixo em relação aos tempos citados, sendo praticamente impossível visualizá-lo (aproximadamente 0,01 dia). Isso foi confirmado pelas análises feitas no diagrama de valor agregado que identificaram um percentual de aproximadamente 3% de tempo de processo (somatório dos espaços em branco da figura 5.6).

Os impactos gerados pela alocação de recursos em função do tamanho do pedido, as *rush orders*, a alta frequência de quebra de máquinas, os altos tempos de *set ups* e a utilização de lotes grandes também impactam a produção de produtos “grandes”. As figuras 5.12, 5.13 e 5.14 mostrarão estes impactos por meio dos mesmos gráficos analisados para a produção de pedidos “pequenos”: utilização dos setores; nível de WIP; e *lead time* do produto.

A figura 5.12 mostra o percentual de utilização dos setores para a produção de pedidos “grandes”.

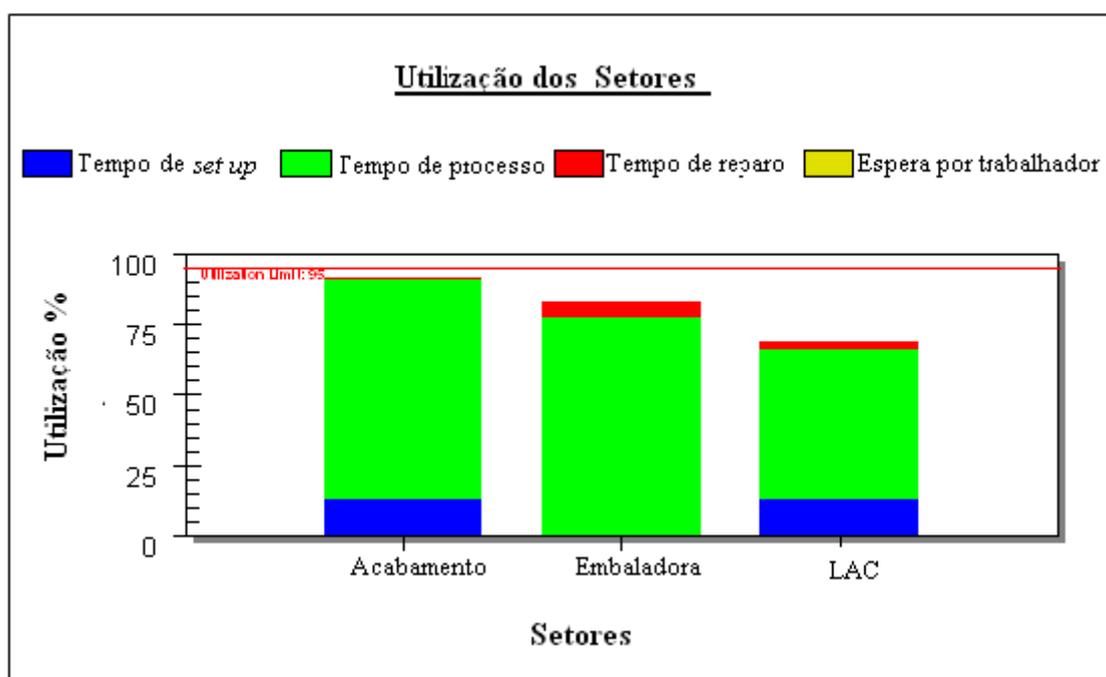


FIGURA 5.12: Utilização dos setores para os pedidos “grandes”

Fonte: AUTOR

A figura 5.12 permite visualizar que a utilização dos setores destinados ao produto “grande” é menor que a dos setores destinados ao produto “pequeno” (figura 5.10). O setor do LAC apresenta uma redução de aproximadamente 20% na taxa de utilização e, os setores de embalagens e de acabamento de aproximadamente 5%. A razão para esses decréscimos está relacionada, dentre outras causas, à ausência da política de *rush orders* na produção de pedidos “grandes”.

Além disso, essa comparação permite estabelecer que o setor do acabamento apresenta os maiores percentuais de utilização tanto para a produção de pedidos “pequenos”, cuja taxa de utilização é 94,5% (figura 5.9), quanto para de “grandes” que apresenta o percentual de 91,6%.

Outra importante característica revelada pela simulação são os percentuais de tempos de *set ups* e de reparo. Referentes aos tempos de *set ups*, tem-se que para a produção de pedidos “grandes” esses tempos representam aproximadamente 10% da utilização total para os setores do acabamento e do LAC e que o setor de embalagens não apresenta tempos de *set ups* significativos. Já os tempos de reparo ocupam uma aproximadamente 5 e 10% de utilização dos setores da embaladora e do LAC.

A figura 5.13 mostra o nível de WIP resultante da produção de produtos “grandes”.

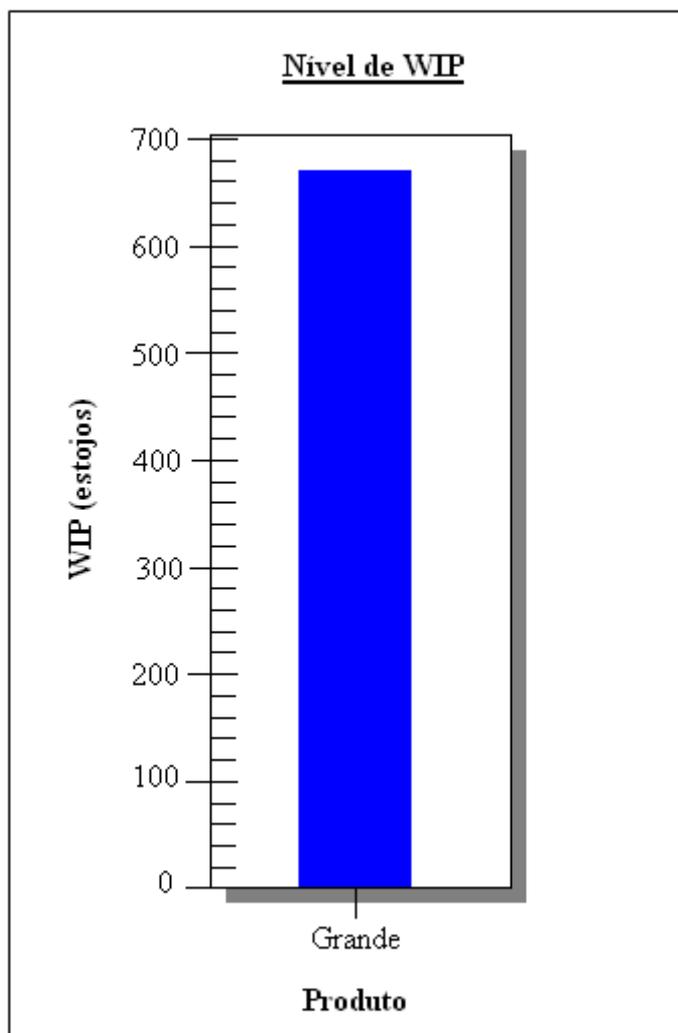


FIGURA 5.13: Nível de WIP para os pedidos “grandes”

Fonte: AUTOR

O gráfico apresentado na figura 5.13 revela um WIP de aproximadamente 8.160 grosas (WIP vezes o número de cores por estojos) que, assim como na produção de produtos “pequenos”, é superior ao valor calculado pela empresa (4.320 grosas). Dessa forma, para o cenário 1, o nível de estoque é de 18.000 grosas que representa a soma do WIP para pedidos “pequenos” com o WIP dos pedidos “grandes”, totalizando 150 cartões em circulação (o total de WIP dividido pelo número de grosas por cartão).

A figura 5.14 mostra o *lead time* para a produção dos pedidos “grandes”.

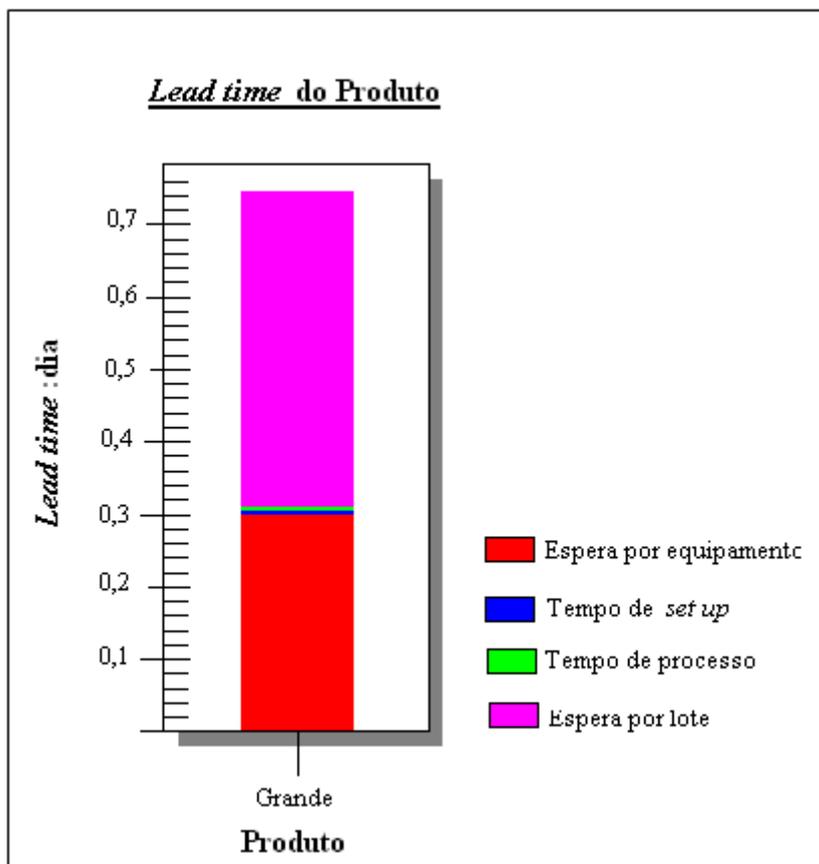


FIGURA 5.14: *Lead time* para os pedidos “grandes”

Fonte: AUTOR

A figura 5.14 ilustra o *lead time* para os pedidos superiores a 8.000 grosas. Vê-se nessa figura um MCT de, aproximadamente, 18 horas (0,75 dia). A principal razão para essa (drástica) redução do *lead time* em relação à produção dos pedidos “pequenos” (4,5 dias) é a seguinte: menor utilização dos equipamentos destinados aos pedidos “grandes” (comparar as figuras 5.12 e 5.9), o que gera uma menor espera por equipamento: tempo de espera por equipamento mostrado na figura 5.14 é de 0,3 dia. Isso representa uma redução de 45% (com relação ao *lead time* total) quando comparado ao mesmo tempo de espera da produção de pedidos “pequenos” (3,8 dias conforme mostra a figura 5.11). Aqui cabe uma observação importante: o tempo de espera por lote é de 0,43 dia. Essa espera é percentualmente maior, aproximadamente 57,33%, do que a espera dos pedidos “pequenos”. Isso mostra o efeito do tamanho do lote nesse segundo caso.

Os percentuais de tempo de *set up* dos pedidos “grandes” apresentam um aumento quando comparado aos pedidos “pequenos”, aproximadamente de 1%, com relação ao *lead time* total. Já o tempo de processo para o pedido “grande” é de apenas 0,01 dia, assim como na produção de pedidos “pequenos”, no entanto, isso representa um maior percentual

(com relação ao *lead time* total) no tempo de processo dos pedidos “grandes”, aproximadamente 1%.

A síntese das análises dos gráficos obtidos via as simulações de ambos os processos de produção dos pedidos “pequenos” e dos “grandes”, pode ser visualizada pela tabela 5.3.

TABELA 5.3: Síntese das simulações para o cenário 1

Cenário 1	% Utilização dos Setores			Nível de WIP (grosas)	<i>Lead time</i> (dias)
	Acabamento	Embaladora	LAC		
Pedidos "pequenos"	94,5	91,8	89,0	9.840	4,50
Pedidos "grandes"	91,6	82,9	69,1	8.160	0,75

Fonte: AUTOR

Os dados apresentados na tabela 5.2 mostram os percentuais dos indicadores das três variáveis do chão-de-fábrica analisadas neste estudo. Aqui é importante observar que o WIP total para o cenário 1 é a soma do WIP dos pedidos “pequenos” com os “grandes”, o que representa um WIP de 18.000 grosas.

Com base nesses resultados, foi possível apontar as principais causas do longo *lead time*. O efeitos desse longo *lead time* foram quantificados e demonstrados por meio dos gráficos de utilização dos setores (figura 5.10 e 5.13), de WIPs (figura 5.13 e 5.14) e de *lead time* do processo (figura 5.9 e 5.12), os quais possibilitaram a identificação de quatro causas raízes:

Causa Raiz 1- Alocação de recursos em função do tamanho do pedido com utilização de *rush orders*: esta política gera uma alta utilização nos recursos destinados aos pedidos “pequenos” fazendo com que seu *lead time* seja muito alto;

Causa Raiz 2- Frequência alta de quebra de máquinas: as interrupções no processo produtivo decorrentes da quebra de máquinas apresentaram uma frequência muito alta em todos os setores analisados (figuras 5.9 e 5.12). No setor do LAC, em média, a cada 156 minutos uma das linhas é interrompida por problemas mecânicos, ou seja, em um dia de trabalho ocorrem nove interrupções. No acabamento, foi possível observar que a produção de uma das quatro linhas é interrompida a cada 500 minutos, o que significa três paradas por dia. Uma das cinco embaladoras precisa de ajuste a cada 55 minutos, totalizando em média 24 paradas. O tempo de reparo difere em cada setor, mas em geral pode se estender por horas de

acordo com a disponibilidade do mecânico. Em média, o tempo de reparo por quebra de máquina é estimado para cada linha do LAC em 30 minutos, 20 minutos para o acabamento e, 5 minutos para a embaladora. As situações relatadas mostram, claramente, a ausência de uma política de TPM, a qual foi confirmada pelas entrevistas realizadas. Os relatos dos entrevistados mostram grande irritabilidade frente a estas situações e alertam que os problemas são solucionados por meio de apenas ações emergenciais;

Causa Raiz 3- Altos tempos médios de *set up* e alta variabilidade nestes tempos: as políticas de redução do *set up* também não existem, o que existem são tentativas de administrar esses tempos. As tentativas se evidenciam na organização de pedidos e lotes de produção. Os pedidos são organizados através das semelhanças dos produtos: clientes, formato dos lápis (sextavado, redondo, hexagonal), carimbo, tamanho da ponta, diâmetro da mina, entre outras. A organização descrita busca reduzir o *set up* ocasionado pela mudança de produto (ajuste das máquinas de todos os setores e troca de carimbo), o qual é estimado em 30 minutos com variação de até 20 minutos. Essa variação é resultado, em grande parte, do nível de habilidade e experiência do trabalhador na fase de ajuste das máquinas. A rotatividade de funcionários é um agravante desta situação. Em relação à organização dos lotes de produção tem-se que eles são organizados em cores para a formação do estojo, conforme discutido anteriormente. Assim, a produção é seqüenciada a produzir alternadamente um lote de cada cor o que acarreta no *set up* de mudança de cor do produto. Este tempo de *set up* é estimado aproximadamente em 6 minutos nos setores estudados (LAC, acabamento e embaladora). A análise dessas informações permite constatar que a administração do *set up* não provém de políticas de redução, uma vez que não foram identificadas na empresa estudada. Os processos investigativos realizados constataram que as tentativas de administrar os tempos de *set up* estão erroneamente apoiadas na crença de que grandes lotes de produção reduzem o tempo de *set up* (Suri, 1998);

Causa Raiz 4- Utilização de tamanhos de lotes grandes: os tempos de espera por lote identificados nas figuras 5.11 e 5.14 estão diretamente relacionados ao tamanho do lote de produção. Esta relação é explorada por Suri (1998), o qual estabelece um tamanho de lote ótimo que leva a minimização do *lead time*. Esse assunto foi detalhado no capítulo 4 e será aplicado no capítulo 6 pelo uso do *software* MPX. Aqui é importante observar que a política da empresa de adotar tamanhos de lotes grandes (120 grosas) gera um impacto ainda maior em virtude da restrição do funcionamento das embaladoras. Essa restrição determina a permanência dos produtos semi-acabados no WIP_i (figura 5.5) até que as 12 cores dos lápis sejam formadas e possam ser consumidas pelas embaladoras. Além disso, é importante

observar que o tamanho de lote adotado pela empresa está associado aos altos tempos de *set ups*, conforme mencionado anteriormente.

Tais causas propiciam uma série de efeitos negativos ao sistema de manufatura analisado, mas especificamente em três variáveis-chave dos sistemas de produção:

- a) Alta utilização dos setores, conforme visto nas figuras 5.9 e 5.12: as causas raízes 1,2 e 3 geram alta utilização dos setores, o que é extremamente prejudicial ao *lead time*;
- b) Variabilidade nos tempos de processo e nos tempos de chegada dos lotes de produção entre os setores: conforme descrito anteriormente, a variabilidade identificada entre os tempos coletados e os tempos adotados pela empresa é de aproximadamente 50%. Isso foi verificado durante a pesquisa realizada *in loco* para os tempos de processamento, de *set up*, de quebra de máquinas e de reparo. Além disso, as políticas da empresa de alocar os recursos em função do tamanho dos pedidos e as *rush orders* (causa raiz 1), a alta frequência de quebra de máquinas (causa raiz 2) em conjunto com a variabilidade no alto tempo de *set up* (causa raiz 3) causam interrupções frequentes no fluxo do processo, gerando alta variabilidade nos tempos de processamento e nos tempos de chegadas de ordens de produção nos setores;
- c) Formação de WIPs: conforme nos mostra a teoria a respeito do comportamento de sistemas de manufatura (HOPP e SPEARMAN, 2002; SURI, 1998), a alta utilização e a alta variabilidade nos tempos de processamento e nos tempos de chegada e utilização de lotes grandes geram altos níveis de WIPs. É isso exatamente o que ocorre no caso estudado, conforme ilustrado nas discussões anteriores. Além disso, a utilização de lotes grandes (causa raiz 4), ocasionada principalmente pela causa raiz 3, também contribui para os altos níveis de WIPs mostrados nas figuras 5.10 e 5.13.

A figura 5.15 ilustra as relações de causas-efeitos para o longo *lead time* encontradas.

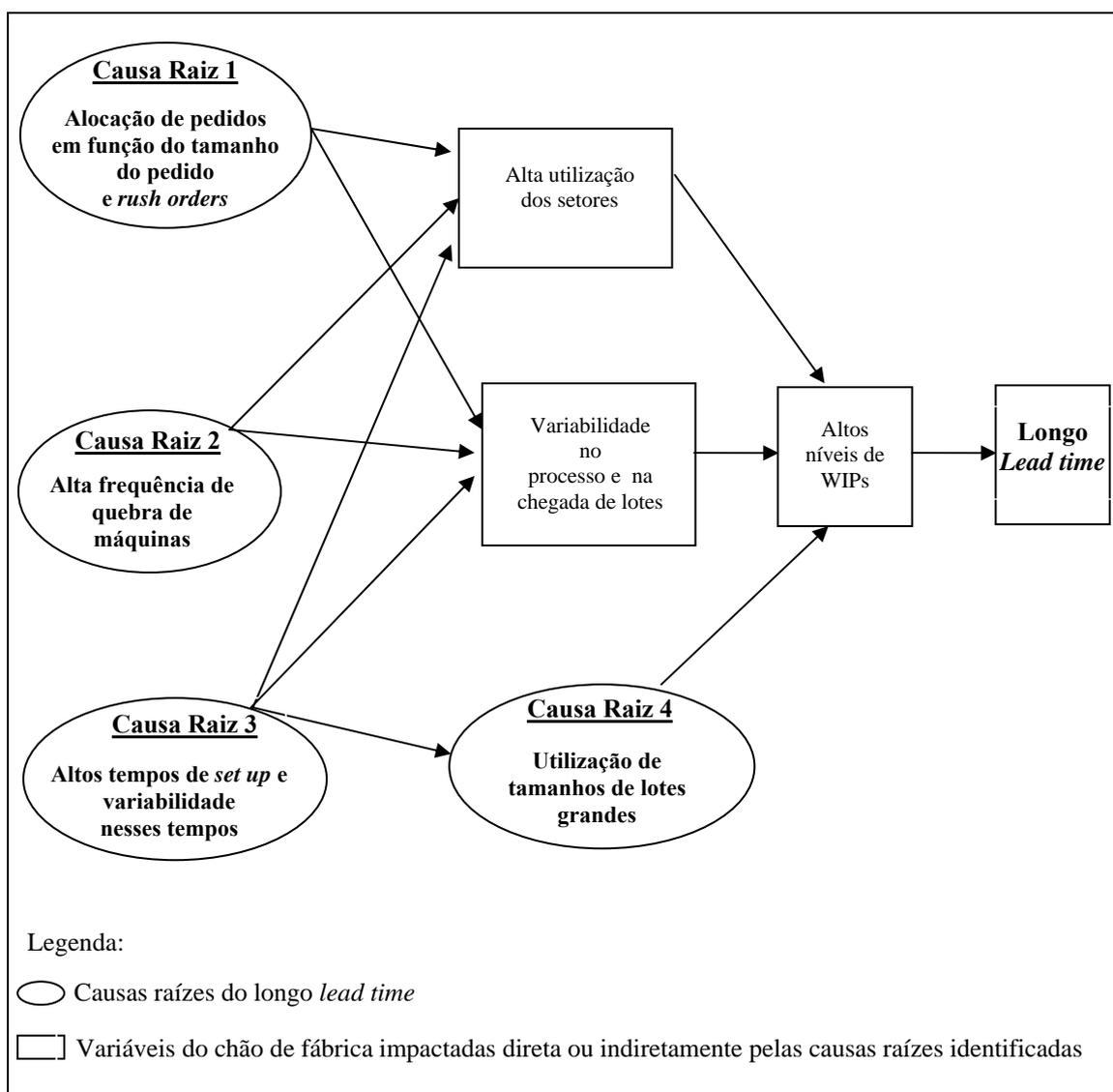


FIGURA 5.15: Cadeia de relacionamento causa-efeito para o longo *lead time*

Fonte: AUTOR

No próximo capítulo, esse trabalho sugere propostas de melhoria para a situação atual da empresa. Essas sugestões se concentram na eliminação das quatro causas raízes identificadas nesse capítulo.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo teve como principal objetivo identificar as causas do longo *lead time* para os produtos da empresa estudada. Para isso, foram utilizados alguns conceitos e

ferramentas do QRM, são eles: estratégia focada na redução do *lead time*, definição do FTMS, mapeamento do MCT e utilização do SD.

Em relação ao SD, é importante ressaltar que o uso do *software* MPX permitiu validar os dados encontrados no mapeamento do MCT, o que garantiu a confiabilidade da pesquisa e importantes *insights* sobre as causas e propostas levantadas.

CAPÍTULO 6: ESTUDO DE CASO - PROPOSTAS DE MELHORIAS E ANÁLISES DE RESULTADOS

6.1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar as propostas de melhorias para solucionar os problemas do longo *lead time* descritos no capítulo anterior. Essas propostas se concentram principalmente nas quatro causas raízes já identificadas: (1) alocação de recursos em função do tamanho do pedido com utilização de *rush orders*; (2) frequência alta de quebra de máquinas; (3) altos tempos médios de *set up* e alta variabilidade nestes tempos; e (4) utilização de tamanhos de lotes grandes. Aqui é importante observar que as causas 3 e 4 serão tratadas em conjunto de acordo com as recomendações feita por Suri (1998), detalhadas no capítulo 4. Além disso, esse capítulo também traz uma análise com os resultados esperados destas propostas.

Dessa forma, este capítulo foca as etapas 3 e 4 mostradas na figura 5.2 (capítulo 5). Para isso, sua estrutura foi dividida em três partes (bem como as melhorias a serem propostas), de acordo com cada uma das causas raízes.

6.2 MELHORIAS RELATIVAS À CAUSA RAIZ 1- ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO PEDIDO COM UTILIZAÇÃO DE *RUSH ODERS*: PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE CÉLULAS

A proposta de criação de células no chão-de-fábrica está apoiada em uma série de benefícios expostos por Suri (1998), os quais serão investigados e aplicados via as simulações. Esses benefícios estão associados à alta visibilidade do processo e facilidade no seu controle, na redução do manuseio de materiais e no enriquecimento do trabalho, o que leva à maior motivação dos funcionários, melhor qualidade e redução de retrabalho, dentre outros. Nesse ponto é importante observar que, em relação aos demais setores da empresa, a produção dos estojos de 12 cores é tratada como uma célula, haj vista a gama de produtos que a empresa produz e a especificidade desse produto.

Com base nesse ponto de vista, o que este estudo está propondo é uma análise mais profunda nesse setor, o que implica na criação de células dentro dessa família de estojos de 12 cores. Para isso, foi necessário identificar as características comuns a todos os produtos dos estojos de 12 cores e assim combinar os processos e elencar as famílias (BURBIDGE,1996). As participações dos gerentes dos setores de produção e de vendas foram essenciais para possibilitar a formação das famílias. Essas participações ocorreram por meio de *brainstormings* e de análises da lista técnica dos produtos.

O resultado destas atividades foi a definição de uma característica comum a todos os produtos estudados: o diâmetro das minas. As análises revelaram que 48% dos produtos apresentam um diâmetro de 2,4 mm e 52% possuem um de aproximadamente 3,0 mm. Dessa forma, tem-se que a família de estojos de 12 cores pode possuir duas células de produção simples, as quais serão responsáveis pela produção de duas famílias de produtos cada uma responsável por processar produtos com diâmetros de minas diferentes. O conceito de célula de produção simples aqui empregado faz referência aos estudos de Gallagher e Knight (1986) que utilizam essa denominação para células que não apresentam complexidade em seu sistema de movimentação.

A proposta de formação dessas duas células, o roteiro e os setores destinados para essas novas famílias podem ser visualizados na figura 6.1.

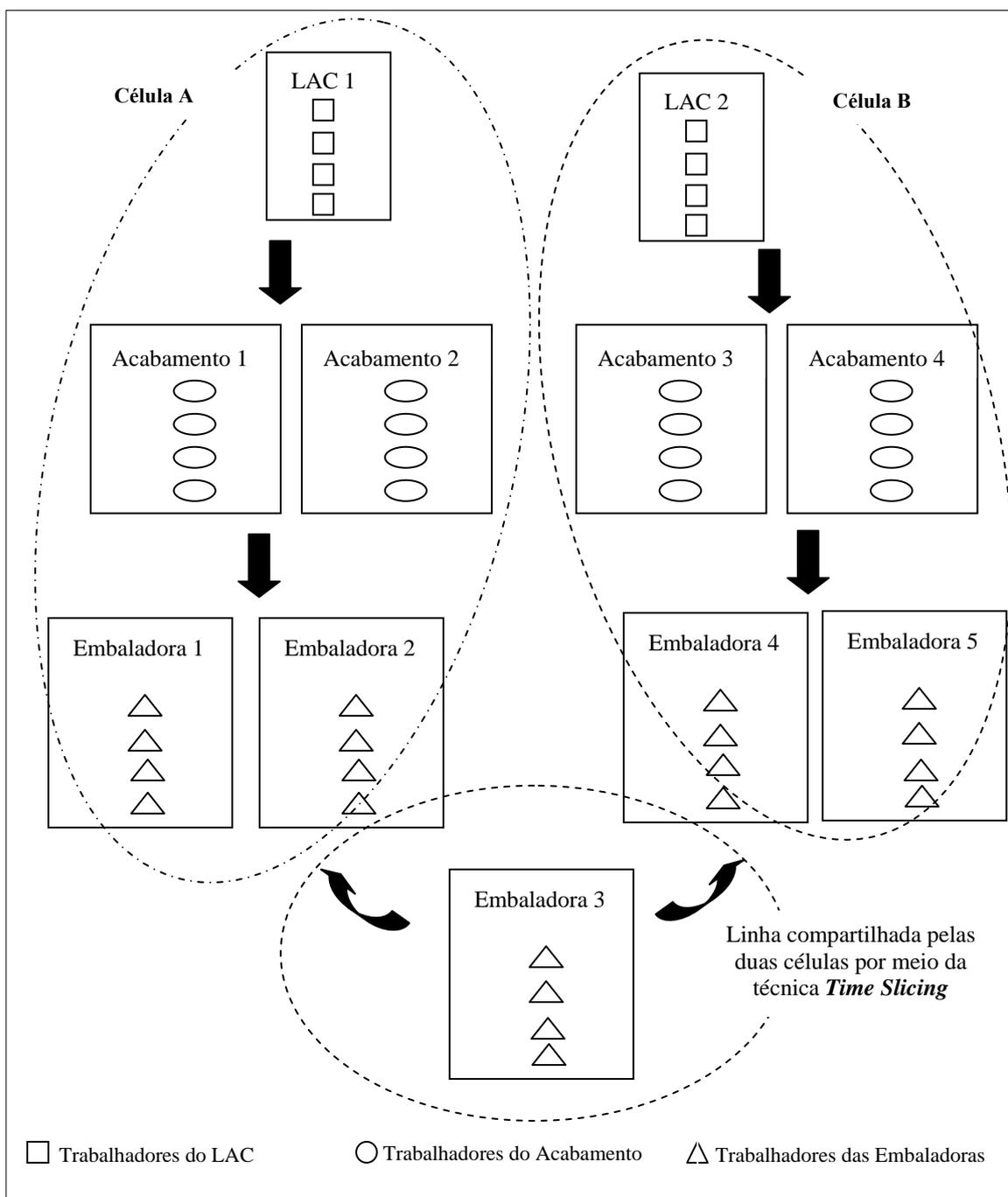


FIGURA 6.1: Células propostas com seus roteiros e setores utilizados

Fonte: AUTOR

A figura 6.1 mostra as células A e B. Na primeira, é produzida a família de produtos cujo diâmetro da mina é de 2,4 mm e na segunda a de 3,0 mm. Para cada célula são destinados os mesmos recursos, uma vez que os volumes de produção das famílias é bem parecido (48% célula A e, 52% célula B). Além disso, uma linha de embalagens (embaladora 3) deve ser compartilhada por ambas as células por meio da técnica *time slicing* (repartição planejada do tempo disponível da embaladora 3). A implementação dessas duas células e o

uso da técnica *time slicing* propiciam um balanceamento na utilização dos recursos eliminando a necessidade das *rush orders*.

Para verificar e quantificar os benefícios da criação das duas células, são realizadas mais duas simulações, dando origem a outros dois cenários: 2 e 3.

No cenário 2, os recursos não são mais alocados em função do tamanho do pedido, porém as células ainda não foram criadas. Nesta situação, o sistema entende que apenas um pedido deve ser processado a cada momento, utilizando todos os recursos disponíveis. Esta proposta já não apresenta as *rush orders*. Já o cenário 3 considera a formação das duas células, o que elimina a necessidade das *rush orders*. Em ambas as simulações, cenário 2 e 3, serão utilizados os mesmos dados de entrada do cenário 1.

Os gráficos de utilização dos setores, de níveis de WIPs e do *lead time* serão mostrados e analisados, a fim de eliminar a causa raiz 1. Além disso, estas análises permitem quantificar os benefícios da implementação de uma lógica de manufatura celular na prática.

6.2.1 Cenário 2: Recursos não são mais alocados em função do tamanho do pedido

A figura 6.2 mostra o gráfico de utilização dos setores para o cenário 2.

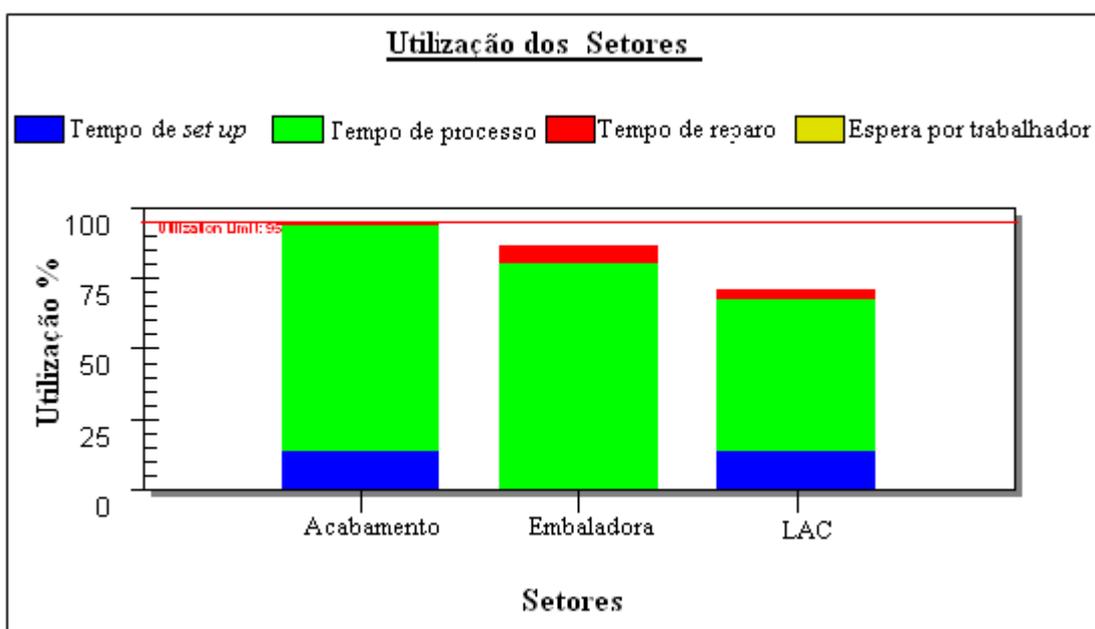


FIGURA 6.2: Utilização dos setores para o cenário 2

Fonte: AUTOR

A análise da figura 6.1 permite concluir que, em relação à taxa de utilização dos recursos, houve uma redução em alguns setores quando comparado à produção de pedidos “pequenos” do cenário 1: no acabamento não foi observada nenhuma variação; nas embaladoras uma redução de, aproximadamente, 6%; e no LAC de, aproximadamente, 22%. Já quando comparado aos pedidos “grandes” do cenário 1, o setor do LAC e de embalagens apresentaram redução no percentual de utilização de 5% e do acabamento não apresentou redução. Os tempos de *set up* e reparo continuam a apresentar grandes percentuais da utilização total nos setores de embalagens e LAC, (entre 10 e 20%). Isso mostra que a simples eliminação das *rush orders* e da política de alocação de recursos em função do tamanho do pedido adotadas pela empresa já contribui para a redução da utilização dos setores. Essa constatação está totalmente de acordo com a teoria do QRM proposta por Suri (1998).

A tabela 6.1 mostra os percentuais de utilização dos setores desse cenário e, também, os compara aos processos de produção dos pedidos “pequenos” e “grandes” do cenário 1.

TABELA 6.1: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1 e 2

Cenários	Produtos	% Utilização dos Setores		
		Acabamento	Embaladora	LAC
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	94,5	91,8	89,0
	Pedidos "grandes"	91,6	82,9	69,1
Cenário 2	Único	94,4	86,1	70,8

Fonte: AUTOR

O próximo gráfico a ser analisado apresenta o nível de WIP gerado pelo processo, o qual é mostrado na figura 6.2.

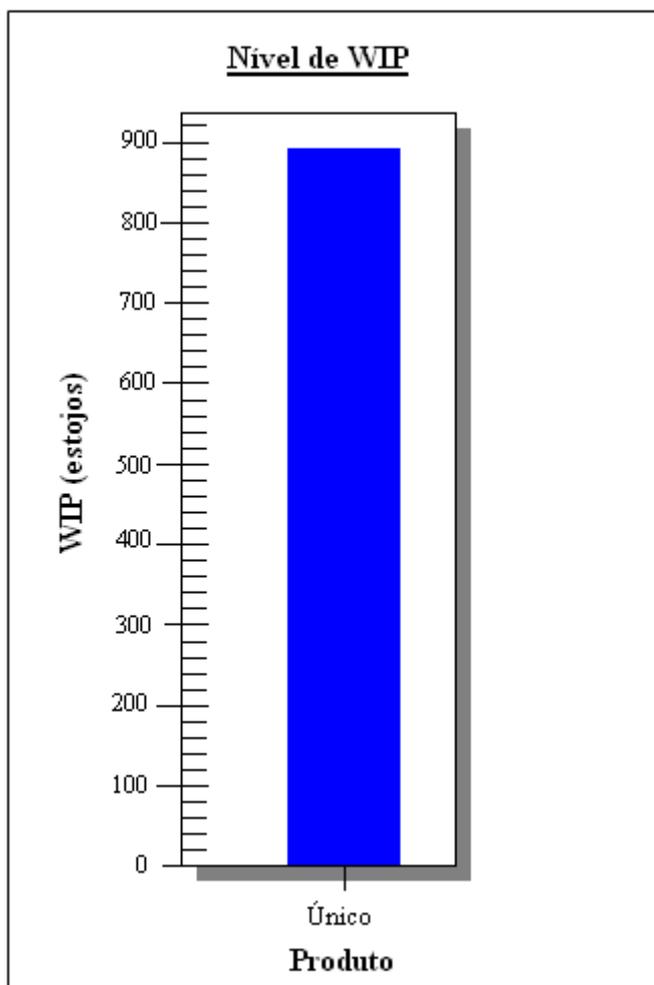


FIGURA 6.3: Nível de WIP total para o cenário 2

Fonte: AUTOR

A figura 6.2 revela uma redução no WIP total quando comparado ao WIP total do cenário 1 (nível de WIP de pedidos pequenos somados ao nível de WIP dos pedidos grandes). A tabela 6.2 ilustra essa comparação.

TABELA 6.2: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1 e 2

Cenários	Produtos	WIP (grosas)	
		Para cada produto	Total
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	9.840	18.000
	Pedidos "grandes"	8.160	
Cenário 2	Único	10.560	10.560

Fonte: AUTOR

Pode-se ver na tabela 6.2 que o WIP total do cenário 2 foi reduzido de 18.000 grosas para 10.560 grosas, ou seja, uma redução de, aproximadamente, 59%.

O último gráfico a ser analisado para o cenário 2 é o de *lead time* do produto. A figura 6.4 mostra esse tempo.

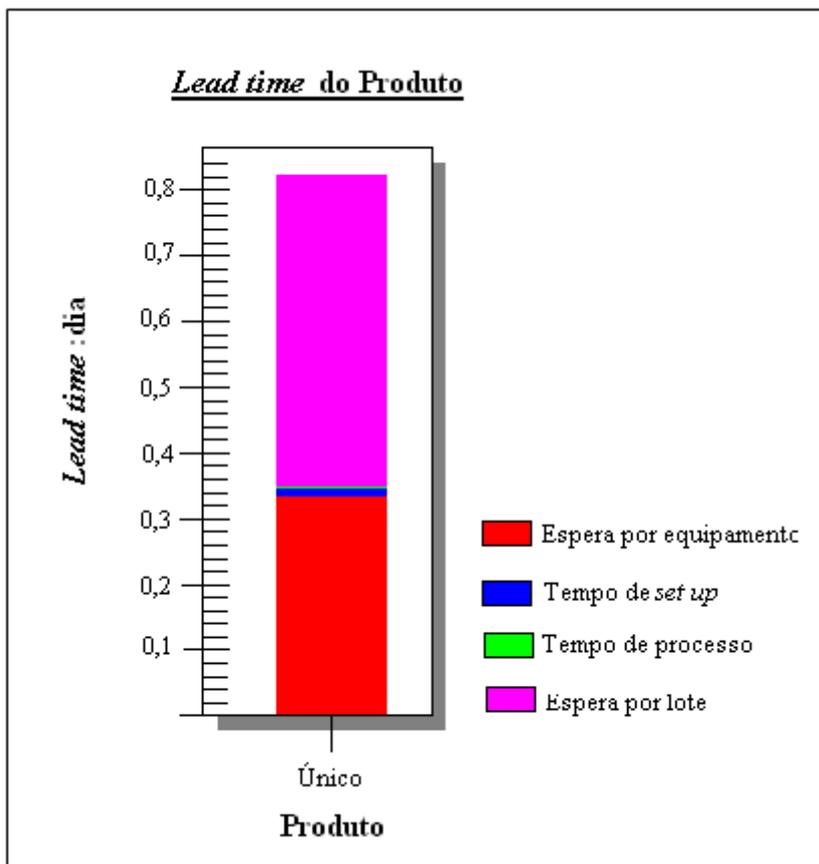


FIGURA 6.4: *Lead time* para o produto único

Fonte: AUTOR

A figura 6.3 revela um *lead time* de aproximadamente 20 horas (0,82 dia), cujos tempos que não agregam valor são de 0,34 dia de espera por equipamento, 0,01 dia de tempo de *set up*, 0,01 dia de tempo de processamento e 0,46 dia de espera por lote. Esses tempos que não agregam valor representam, respectivamente, 41%, 1%, 1% e 56% do *lead time* total.

A tabela 6.3 apresenta uma comparação entre o *lead time* do produto para esse cenário e o do cenário 1.

TABELA 6.3: Análise do *lead time* para os produtos dos cenários 1 e 2

Cenários	Produtos	<i>Lead time</i> (horas)
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	107
	Pedidos "grandes"	18
Cenário 2	Único	20

Fonte: AUTOR

Com base nessa tabela, é possível concluir que, em relação à produção de pedidos “pequenos” houve um decréscimo de 81% e quando comparado a de pedidos “grandes” um aumento de 11%.

Dessa forma, é possível constatar que o cenário 2 já atinge algumas melhoras nos indicadores- chave do sistema, ou seja, na utilização, WIP e *lead time*.

6.2.2 Cenário 3: Criação de duas células e aplicação da técnica *time slicing*

O objetivo da criação desse cenário é contribuir para a solução da causa raiz 1, identificada no capítulo anterior. Além disso, as simulações aqui realizadas ajudam a comprovar os benefícios da manufatura celular. Os gráficos de utilização dos setores, do nível de WIP e, de *lead time* são necessários a estas análises e serão apresentados. Nesse ponto é importante observar que o cenário 3 apresenta duas famílias de produtos: família “A” que representa os produtos com as minas de diâmetro 2,4 mm; e a família “B” que representa os produtos com mina de 3,0 mm.

Os gráficos de utilização de ambos os produtos são apresentados na figura 6.5.

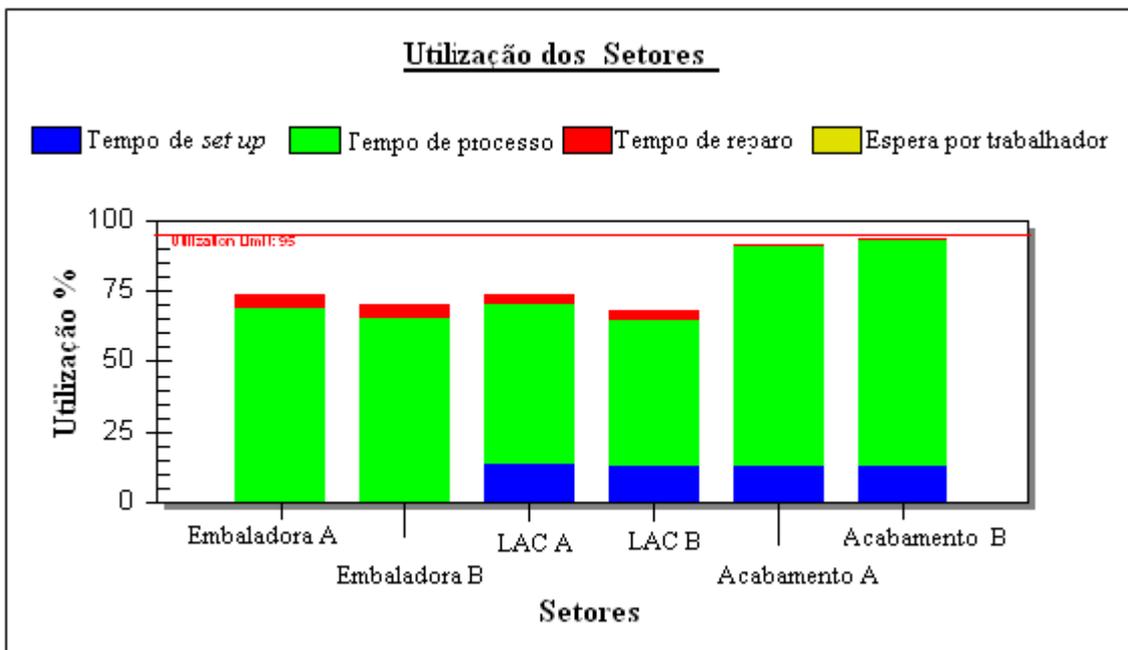


FIGURA 6.5: Utilização dos setores para o cenário 3

Fonte: AUTOR

A figura 6.4 mostra a utilização dos recursos para a produção das famílias “A” e “B”. A identificação dos equipamentos destinados a cada família está relacionada à letra de identificação.

Dessa forma, tem-se que os percentuais de utilização dos setores para as famílias “A” e “B” são de aproximadamente:

- a) Setor de embalagens: as linhas dedicadas à família “A” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 73,8%. Já as famílias “B” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 69,9%;
- b) Setor do LAC: as linhas dedicadas à família “A” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 73,7%. Já as famílias “B” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 68,8%;
- c) Setor do acabamento: as linhas dedicadas à família “A” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 91,6%. Enquanto as famílias “B” apresentam uma utilização de, aproximadamente, 93,6%;

A tabela 6.4 mostra estes percentuais comparadas aos setores dos cenários 1 e

2.

TABELA 6.4: Análise dos percentuais de utilização dos setores para os cenários 1, 2 e 3

Cenários	Produtos	% Utilização dos setores		
		Acabamento	Embaladora	LAC
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	94,5	91,8	89,0
	Pedidos "grandes"	91,6	82,9	69,1
Cenário 2	Único	94,4	86,1	70,8
Cenário 3	<u>Família "A"</u>	<u>91,6</u>	<u>73,8</u>	<u>73,7</u>
	<u>Família "B"</u>	<u>91,6</u>	<u>69,9</u>	<u>68,8</u>

Fonte: AUTOR

A tabela 6.4 revela que os percentuais de utilização apresentadas no cenário 3 são, em média, menores que os encontrados nos cenários 1 e 2.

A segunda medida de desempenho a ser avaliada é o nível de WIP, mostrado na figura 6.6.

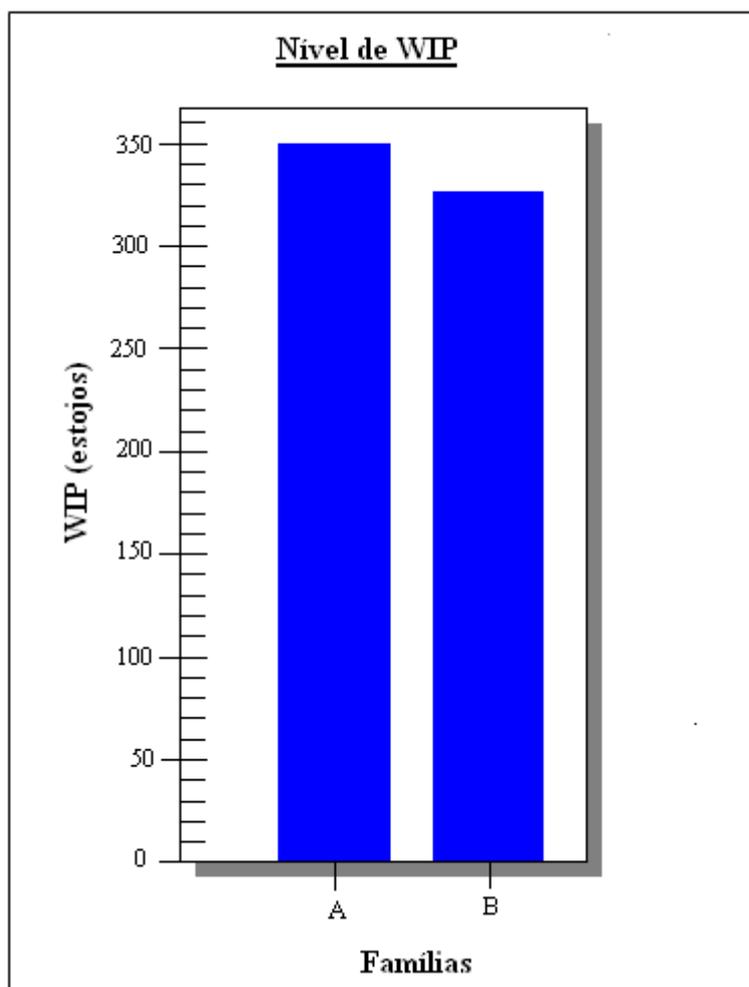


FIGURA 6.6: Nível de WIP para o cenário 3

Fonte: AUTOR

A figura 6.6 revela um WIP de 4.200 grosas para a família “A” e um WIP de 3.912 grosas para a família “B”. Os dados necessários para a análise comparativa entre os cenários 1, 2 e 3 são apresentados na tabela 6.5.

TABELA 6.5: Análise dos níveis de WIP dos setores para os cenários 1, 2 e 3

Cenários	Produtos	WIP (grosas)	
		Para cada produto	Total
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	9.840	18.000
	Pedidos "grandes"	8.160	
Cenário 2	Único	10.560	10.560
Cenário 3	Família "A"	4.200	<u>8.112</u>
	Família "B"	3.912	

Fonte: AUTOR

A tabela 6.5 mostra que o nível total de WIP encontrado para o cenário 3 é o menor quando comparado aos cenários já simulados. Destaca-se uma redução de 23% em relação ao WIP do cenário 2, o qual apresentava o menor nível até a simulação desse cenário.

Por fim, a figura 6.6 ilustra o gráfico de *lead time* para as famílias “A” e “B” do cenário 3.

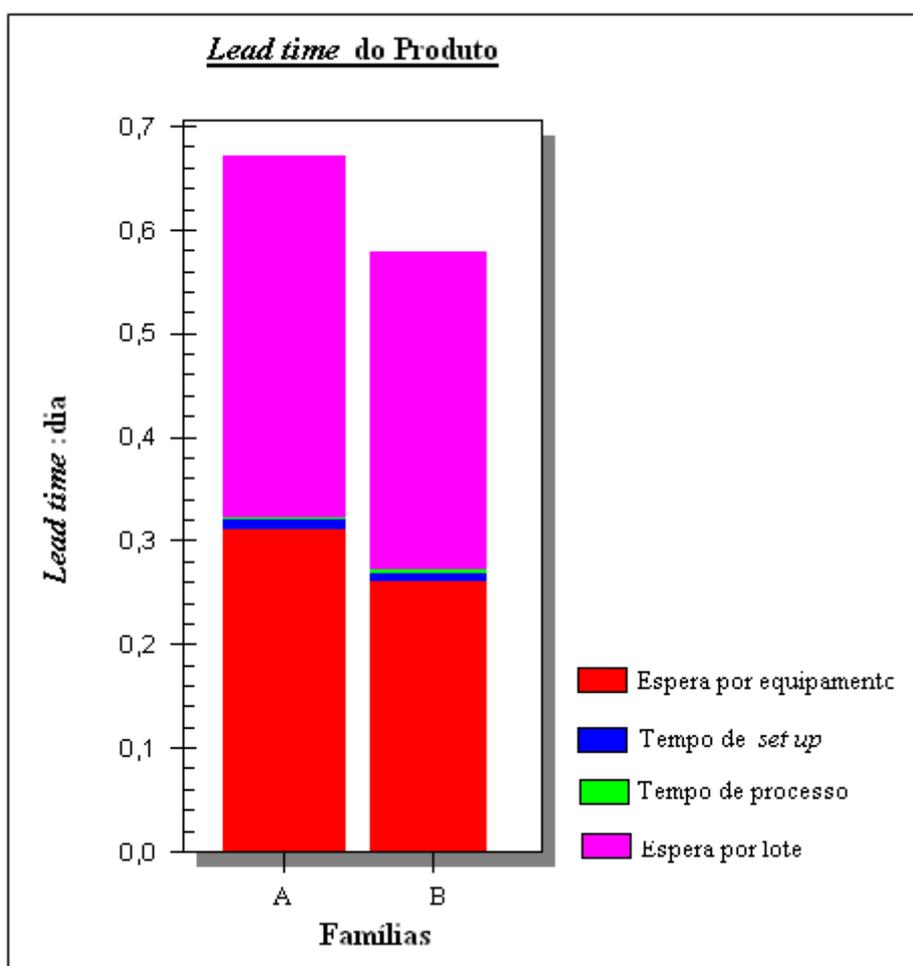


FIGURA 6.7: Análise do *lead time* para as família “A” e “B” para o cenário 3

Fonte: AUTOR

A figura 6.6 revela que o *lead time* da família “A” é de aproximadamente 15 horas (0,67 dia) e, que o da família “B” é de 14 horas (0,57 dia).

A tabela 6.6 mostra os *lead times* existentes em cada um dos cenários analisados.

TABELA 6.6: Análise do *lead time* para os produtos dos cenários 1, 2 e, para a família de produtos do cenário 3

Cenários	Produtos	<i>Lead time</i> (horas)
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	107
	Pedidos "grandes"	18
Cenário 2	Único	20
Cenário 3	Família "A"	15
	Família "B"	14

Fonte: AUTOR

Com base nos dados apresentados na tabela 6.6 tem-se que os *lead times* para as famílias “A” e “B” apresentam os menores valores quando comparados aos cenários 1 e 2.

A tabela 6.7 sintetiza os resultados dos três cenários criados por meio das simulações para as variáveis analisadas: utilização dos setores, nível de WIP e o *lead time* dos produtos. Destaque para os *lead times*, o quais passarão de 107 horas e 18 horas (cenário 1) para 15 horas e 14 horas (cenário 3). Isso representa uma redução de, aproximadamente, 85% e 22%, respectivamente.

TABELA 6.7: Análise dos resultados para os cenários 1, 2 e 3

Cenários	Produtos	% Utilização dos setores			WIP(grosas)		<i>Lead time</i> (horas)
		Acabamento	Embaladora	LAC	Para cada produto	Total	
Cenário 1	Pedidos "pequenos"	94,5	91,8	89,0	9.840	Total	107
	Pedidos "grandes"	91,6	82,9	69,1	8.160	18.000	18
Cenário 2	Único	94,4	86,1	70,8	10.560	10.560	20
Cenário 3	Família “A”	<u>91,6</u>	<u>73,8</u>	<u>73,7</u>	<u>4.200</u>	<u>8.112</u>	<u>16</u>
	Família “B”	<u>93,6</u>	<u>69,9</u>	<u>68,8</u>	<u>3.912</u>		<u>14</u>

Fonte: AUTOR

Os dados apresentados nessa tabela atestam quantitativamente os benefícios da manufatura celular. Isso confirma as vantagens da criação de células apresentadas no capítulo 4 e defendidas por importantes autores (como por exemplo: SURI, 1998; HOPP e SPEARMAN, 2000; BURBIDGE, 1975).

Os resultados apresentados revelam significativas melhorias, no entanto, vê-se claramente nas figuras 6.5 e 6.7 que existe espaço para reduções ainda maiores na utilização dos setores, no nível de WIP e no *lead time*. Isso ocorre em razão da alta utilização dos setores, resultado direto dos altos tempos de *set ups* e de reparos nas máquinas e dos altos tempos de espera por equipamentos e lotes, os quais podem ser evidenciados na figura 6.7.

Diante disso, esta pesquisa foca nas próximas seções as outras três causas raízes, a fim de solucionar esses problemas associados ao longo *lead time*. Aqui é importante observar que, diante dos benefícios da criação de células, os demais cenários criados serão analisados com base no cenário 3 (duas células de manufatura), observando que a ordem para a simulação das propostas obedece às recomendações de Suri (1998): primeiramente, aplicação de políticas do TPM, seguidas de políticas de redução de *set up* juntamente com a busca de um tamanho de lote mais adequado para redução do *lead time*.

6.3 MELHORIAS RELATIVAS À CAUSA RAIZ 2 -ALTA FREQUÊNCIA DE QUEBRA DE MÁQUINAS: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DO TPM

A empresa estudada, conforme apresentado no capítulo 5, não apresenta nenhuma política de TPM. Existem projetos que estão aguardando aprovação da diretoria em razão de seu custo de implementação. Dessa forma, não existem dados concretos em relação às possíveis reduções de quebra de máquinas e seus tempos de reparo.

Esta ausência de dados fez com que a magnitude esperada das melhorias no tempo entre falhas de equipamentos e tempo de reparo fossem baseadas nos estudos de Hopp e Spearman (2000). Esses estudos apontam que a implementação de uma política de TPM atinja uma redução mínima de 25 a 35% nessas variáveis.

Com base nessas informações, a melhoria estimada após a implementação dessa política na empresa foi considerada de 30% para os tempos de falhas e para os tempos de reparo. Essa melhoria foi simulada, dando origem ao cenário 4.

6.3.1 Cenário 4: Duas células de produção e aplicação do TPM

Primeiramente, simula-se o efeito da melhoria de 30% nos tempos entre falhas e nos tempos de reparo na utilização dos setores. A tabela 6.8 mostra os resultados obtidos, bem como os compara com os resultados dos cenários anteriores.

TABELA 6.8: Análise dos percentuais de utilização para os cenários 3 e 4

Cenários	Produtos	% Utilização dos setores		
		Acabamento	Embaladora	LAC
Cenário 3	Família "A"	91,6	73,8	73,7
	Família "B"	93,6	69,9	68,0
Cenário 4	Família "A"	91,3	72,6	72,8
	Família "B"	93,4	68,8	67,2

Fonte: AUTOR

Com bases nos dados da tabela 6.8, verifica-se que houve pequenas reduções na utilização dos setores obtidos no cenário 4. Essas reduções variam de 0,2 a 1,2%.

A seguir, é mostrado na figura 6.8 o efeito da adoção de políticas do TPM no nível de WIP das famílias "A" e "B".

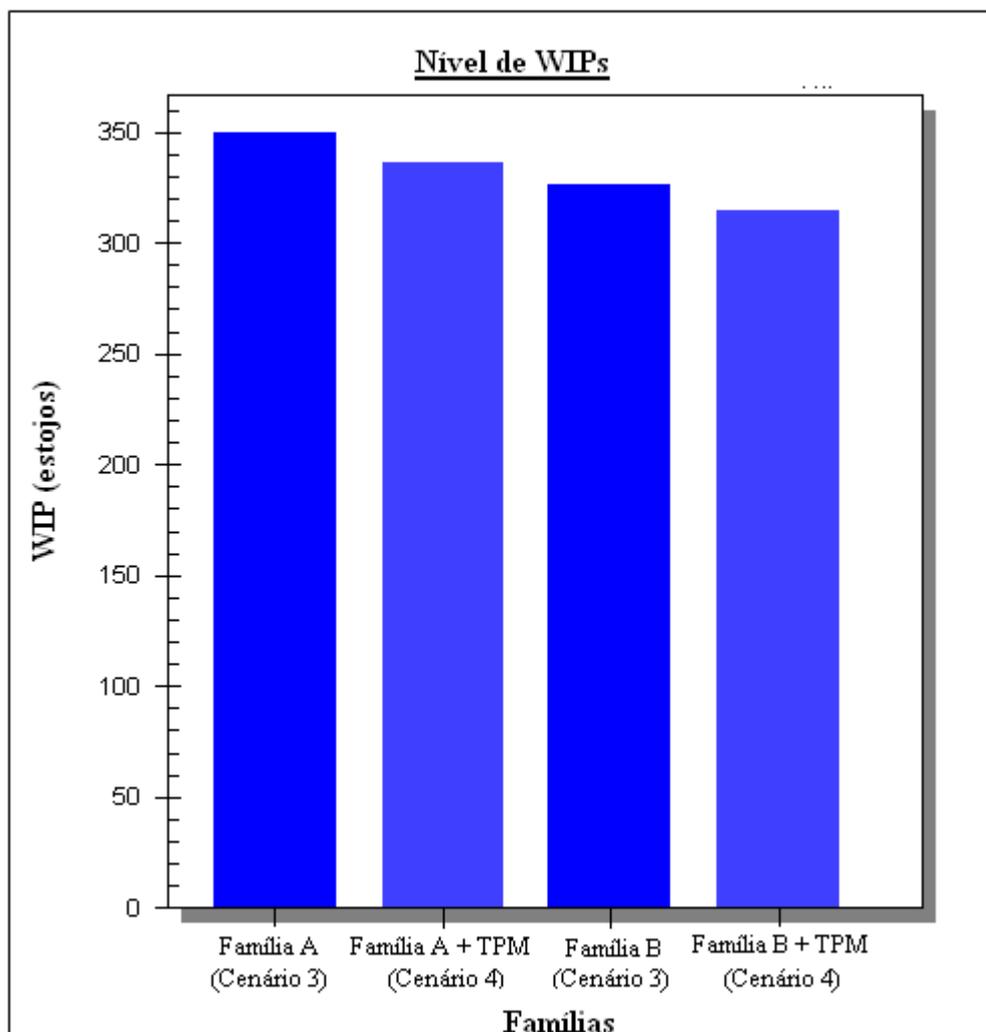


FIGURA 6.8: Análise dos níveis de WIPs para os setores dos cenários 3 e 4

Fonte: AUTOR

As reduções nos níveis de WIPs para as famílias “A” e “B” no cenário 4 são mostradas na figura 6.8. Tais reduções podem ser mais facilmente quantificadas pela análise da tabela 6.9. Essa tabela permite identificar que as reduções de 30% nos tempos de reparo e entre falhas obtidas após a implementação de políticas de TPM resultaram em um decréscimo de aproximadamente 4% no nível total de WIP para o cenário 4.

TABELA 6.9: Análise dos níveis de WIPs para os cenários 3 e 4

Cenários	Produtos	WIP (grosas)	
		Para cada produto	Total
Cenário 3	Família "A"	4.200	8.112
	Família "B"	3.912	
Cenário 4	Família "A"	4.032	7.800
	Família "B"	3.768	

Fonte: AUTOR

O efeito da política de TPM no *lead time* dos produtos para esse cenário comparado ao cenário 3 pode ser visualizado na figura 6.9.

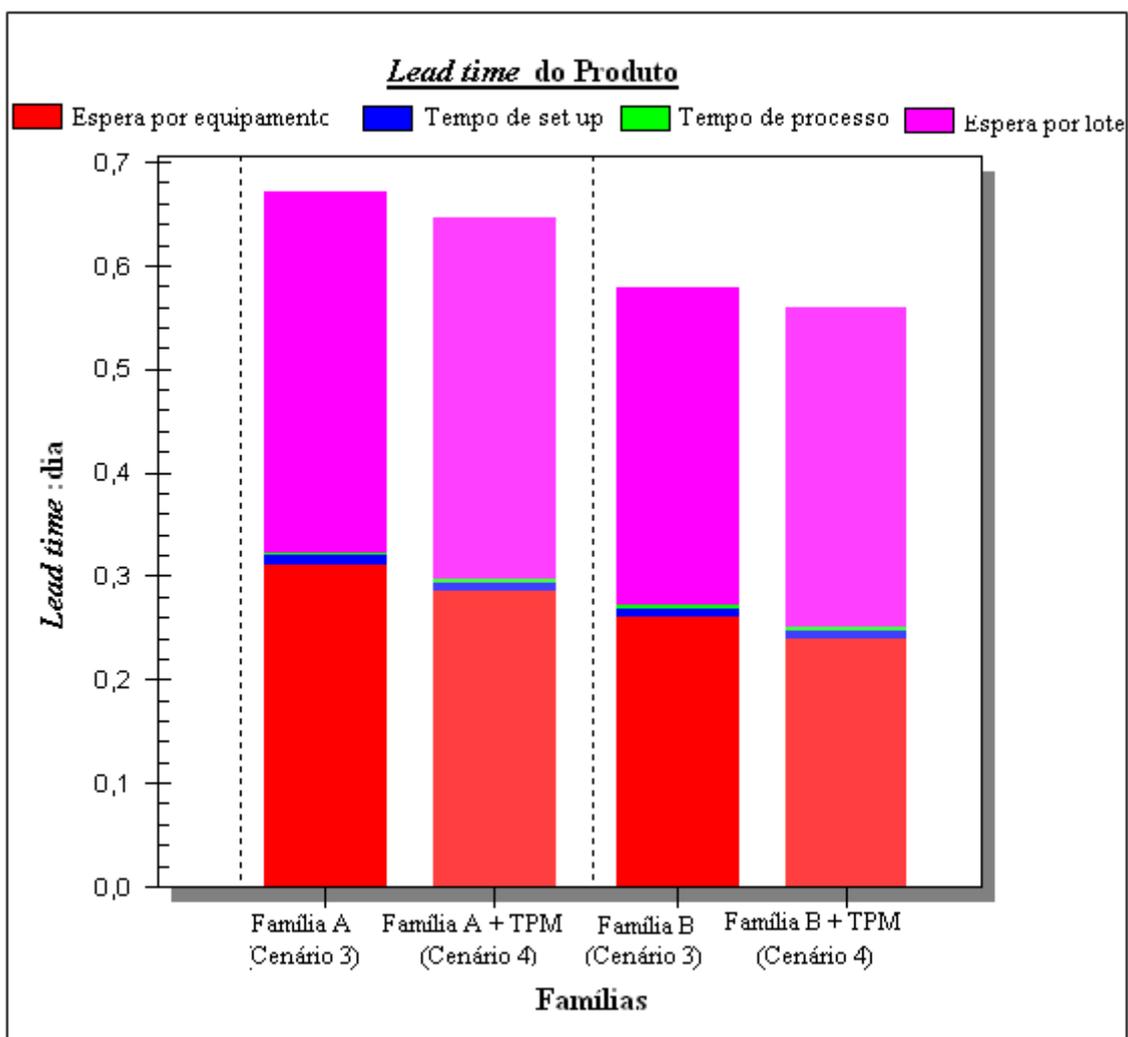


FIGURA 6.9: Análise do *lead time* para as famílias "A" e "B" para os cenários 3 e 4

Fonte: AUTOR

A figura 6.9 permite visualizar uma pequena redução nos *lead times* dos produtos do cenário 4 em comparação ao cenário 3. Essas reduções foram de aproximadamente 1 hora para ambas as famílias. A tabela 6.10 mostra tais reduções.

TABELA 6.10: Análise do *lead time* dos produtos das famílias “A” e “B” do cenário 3 e 4

Cenários	Produtos	<i>Lead time</i> (horas)
Cenário 3	Família "A"	16
	Família "B"	14
Cenário 4	Família "A"	15
	Família "B"	13

Fonte: AUTOR

6.4 MELHORIAS RELATIVAS ÀS CAUSAS RAÍZES 3 E 4- ALTOS TEMPOS MÉDIOS DE *SET UP* E UTILIZAÇÃO DE LOTES GRANDES: PROPOSTAS DE REDUÇÃO NOS TEMPOS DE *SET UPS* E BUSCA PELO TAMANHO DE LOTE MAIS ADEQUADO A REDUÇÃO DO *LEAD TIME*

Na empresa estudada não existem dados concretos sobre as possíveis reduções nos tempos *set ups*, conforme já comentado na seção 6.3. Dessa forma, foram adotados os mesmos recursos utilizados na seção anterior, ou seja, os estudos de Hopp e Spearman. A aplicabilidade desses estudos aponta que políticas de redução nos tempos de *set ups* possam atingir reduções entre 25 e 35%, assim como as do TPM (seção 6.3).

Dessa forma, as propostas a serem simuladas nesta seção referem-se às reduções nos tempos de *set ups* seguidas da busca pelo tamanho de lote mais adequado à redução do *lead time*. Essas simulações terão como base um o decréscimo de 30% nos tempos iniciais de *set up*. Isso permite que os impactos de mais essa redução nos indicadores de utilização dos setores, níveis de WIPs e *lead time* do produto sejam quantificados, dando origem ao cenário 5 (TPM e redução do *set up*) e, posteriormente, ao cenário 6 (TPM, redução do *set up* e busca pelo tamanho de lote mais adequado à redução do *lead time*). Aqui é importante observar que as reduções já obtidas via a aplicação do TPM (seção 6.3) serão mantidas.

6.4.1 Cenário 5: Duas células de produção, TPM e redução de *set up*

Nesse cenário, as figuras 6.11 e 6.12, bem como as tabelas 6.11 e 6.12 ilustram os efeitos da redução no tempo do *set up*, juntamente com as reduções nos tempos de quebra e reparo de máquinas nas variáveis estudadas. Além disso, as tabelas 6.11 e 6.12 comparam os resultados obtidos no cenário atual com os resultados dos cenários 3 e 4. A tabela 6.11 mostra os resultados obtidos na utilização dos setores.

TABELA 6.11: Análise da utilização para os setores dos cenários 3, 4 e 5

Cenários	Produtos	% Utilização dos setores		
		Acabamento	Embaladora	LAC
Cenário 3	Família "A"	91,6	73,8	73,7
	Família "B"	93,6	69,9	68,0
Cenário 4	Família "A"	91,3	72,6	72,8
	Família "B"	93,4	68,8	67,2
Cenário 5	Família "A"	<u>87,2</u>	<u>73,0</u>	<u>68,7</u>
	Família "B"	<u>89,1</u>	<u>67,8</u>	<u>63,5</u>

Fonte: AUTOR

Os dados apresentados na tabela 6.10 permitem concluir que a redução ocorre em todos os setores.

O gráfico que apresenta os níveis de WIPs para o cenário 5 e os compara aos cenários 3 e 4 é mostrado na figura 6.10.

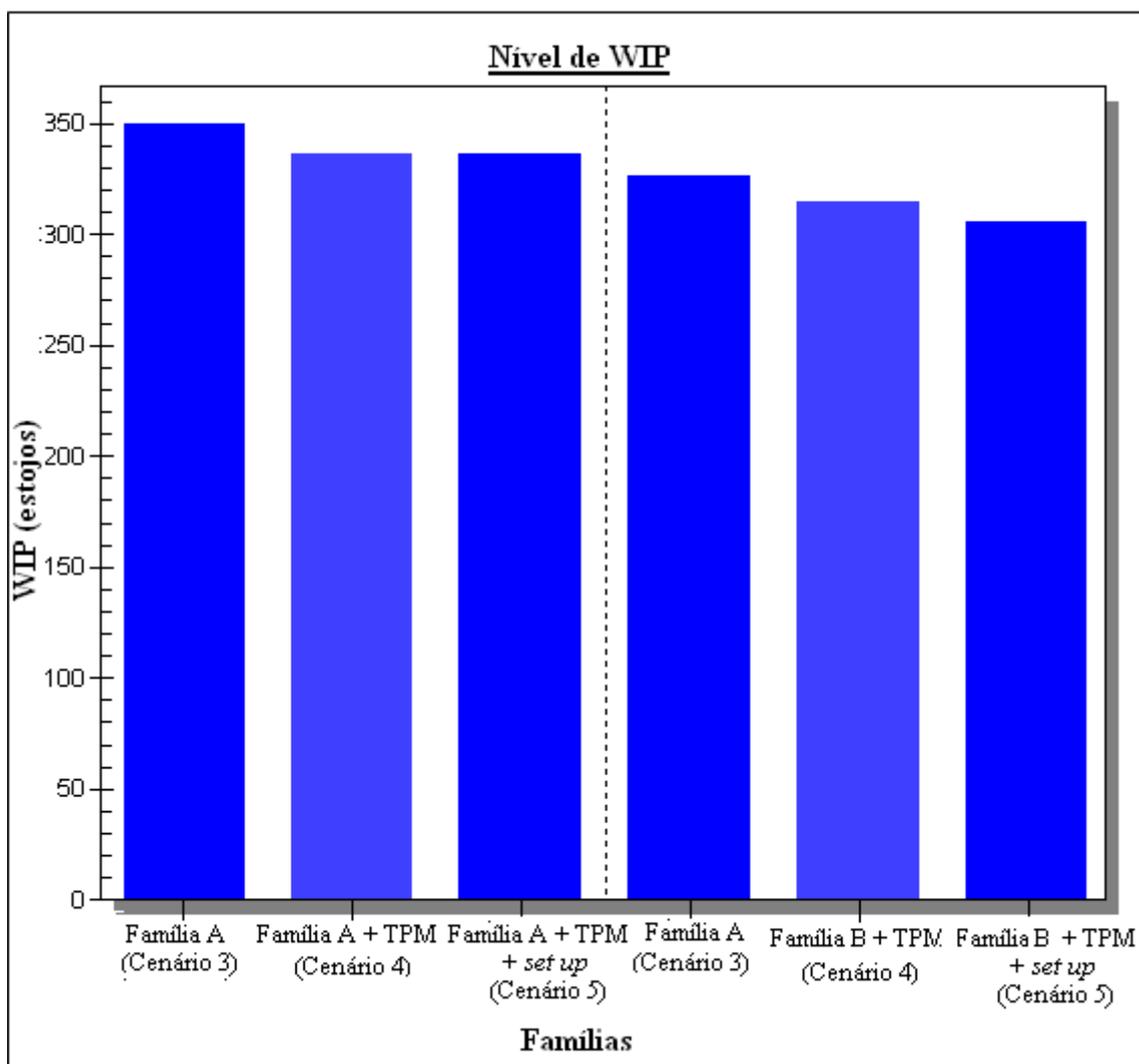


FIGURA 6.10: Análise dos níveis de WIP dos setores para os cenários 3, 4 e 5

Fonte: AUTOR

A figura 6.10 mostra que o nível de WIP do cenário 5, quando comparado ao cenário 4, não sofreu modificações para o produto “A”, enquanto que para o produto “B” sofreu uma redução de 4%. A tabela 6.12 mostra os níveis de WIPs de ambos os produtos para os três cenários analisados.

TABELA 6.12: Análise dos níveis de WIPs para os cenários 3, 4 e 5

Cenários	Produtos	WIP (grosas)	
		Para cada produto	Total
Cenário 3	Família "A"	4.200	8.112
	Família "B"	3.912	
Cenário 4	Família "A"	4.032	7.800
	Família "B"	3.768	
Cenário 5	Família "A"	<u>4.032</u>	<u>7.692</u>
	Família "B"	<u>3.660</u>	

Fonte: AUTOR

A tabela 6.12, mostra que a redução total do nível de WIP para o cenário 5 é de 2%, quando comparado ao cenário 4 e de 6% comparado ao cenário 3.

O gráfico do *lead time* mostrado na figura 6.11 finaliza as análises do cenário 5.

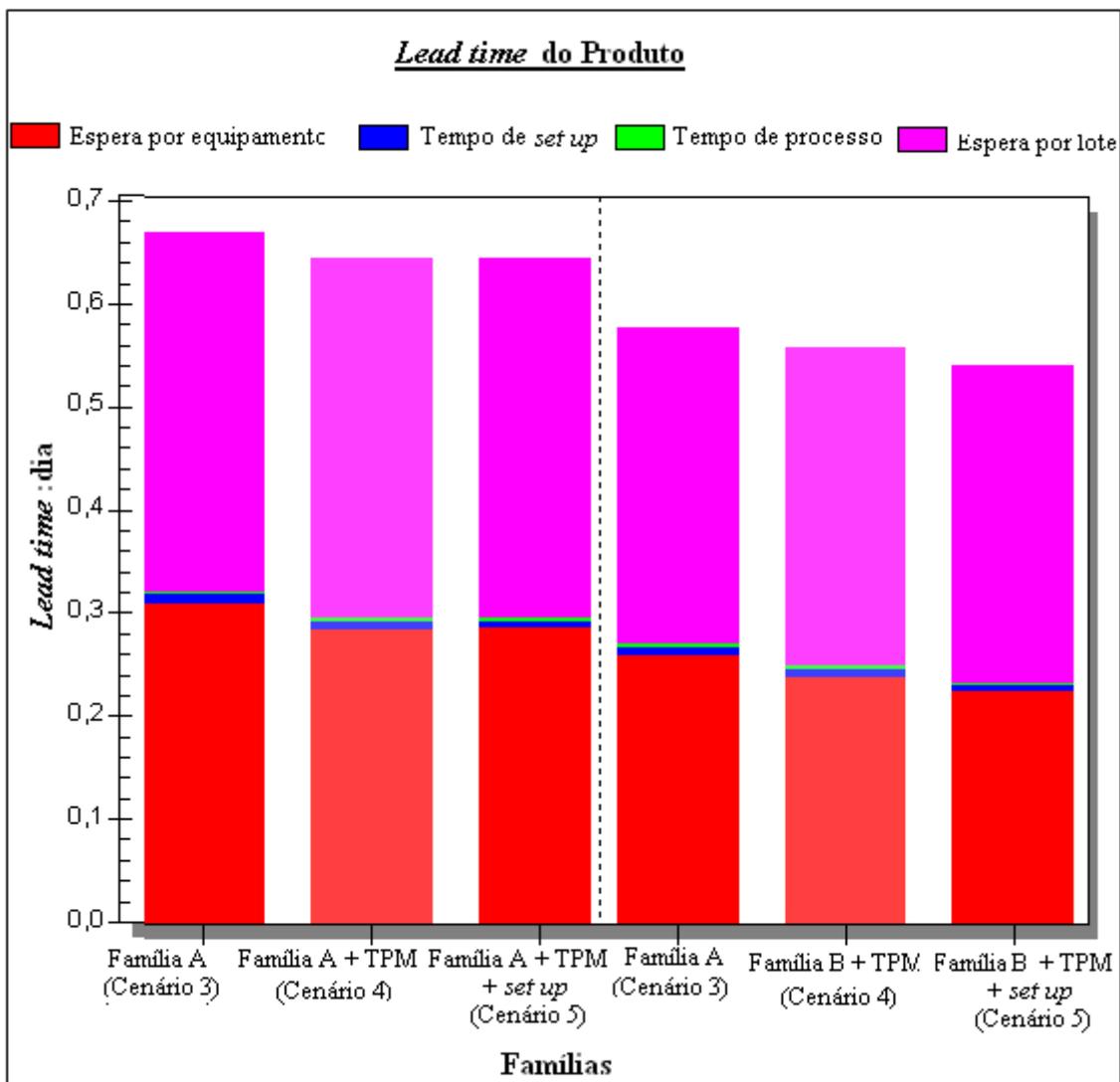


FIGURA 6.11: Análise do *lead time* dos produtos da família “A” e “B” para os cenários 3, 4 e 5

Fonte: AUTOR

A figura 6.11 revela que uma situação semelhante ao cenário 4, pois não houve redução para o produto “A” e houve uma pequena redução, mas não significativa, de 0,02 dia, no produto “B”. A tabela 6.13 mostra os valores dos *lead times* dos cenários 3, 4 e 5.

TABELA 6.13: Análise do *lead time* dos produtos das famílias “A” e “B” do cenário 3, 4 e 5

Cenários	Produtos	<i>Lead time</i> (horas)
Cenário 3	Família "A"	16
	Família "B"	14
Cenário 4	Família "A"	15
	Família "B"	13
Cenário 5	Família "A"	15
	Família "B"	13

Fonte: AUTOR

A tabela 6.13 mostra as pequenas reduções alcançadas. Essas já eram previstas, uma vez que não foi aplicada nenhuma política de redução do tamanho do lote, conforme recomenda Suri (1998) em seus estudos.

De acordo com estes estudos desenvolvidos pelo autor, as reduções nos tempos de reparo, entre falhas e *set ups* podem ser potencializadas em relação às reduções do *lead time* quando implantadas em conjunto com as políticas do tamanho de lote ótimo (capítulo 4).

Com base nestas recomendações, essa pesquisa simula o cenário 6 que busca um tamanho de lote que mais se aproxime do ótimo. Para as simulações do cenário 6 são utilizados os mesmos dados de entrada do cenário 5.

6.4.2 Cenário 6: Duas células de produção, TPM, redução de *set up* e redução do tamanho do lote

O cenário 6 busca quantificar as reduções no *lead time* quando implantadas as recomendações de Suri (1998): redução no tempo entre falhas e reparo de máquinas, redução de *set up* e, busca por um tamanho de lote mais adequado para as reduções no *lead time*.

Os estudos de Suri (1998) apontam que um sistema de manufatura, nessa situação, apresenta um comportamento característico que pode ser analisado por meio da curva *lead time* x tamanho de lote ótimo (termo utilizada por Suri para denominar o tamanho do lote mais adequado para a redução do *lead time*), capítulo 4 (figura 4.4). Na curva, é possível identificar um tamanho de lote que leva à maior redução do *lead time* possível para o caso estudado. Nesse ponto, é importante observar que o tamanho de lote ótimo não é o

menor lote possível, uma vez que a redução progressiva do lote acarreta em um aumento do *lead time*.

A tabela 6.14 mostra este processo de busca pelo tamanho do lote mais adequado à redução do *lead time* para a empresa estudada.

TABELA 6.14: Análise dos resultados para as variações nos tamanhos dos lotes

Tamanho do lote	Utilização (%)						WIP (grosas)	Lead time (horas)	
	Acab. A	Emb.A	LAC A	Acab. B	Emb. B	LAC B		A	B
130	86,3	72,5	67,2	88,2	62,1	68,7	8.334	16	13
120	87,2	73,0	68,7	89,1	67,8	63,5	7.692	14	12
110	87,8	72,5	68,9	89,7	68,8	63,6	7.400	14	11
100	88,7	72,6	69,8	90,7	68,8	64,6	6.288	12	11
90	89,9	72,6	71,2	91,9	68,8	69,8	5.760	11	10
<u>80</u>	<u>91,3</u>	<u>72,7</u>	<u>72,8</u>	<u>93,4</u>	<u>68,9</u>	<u>67,7</u>	<u>5.256</u>	<u>10</u>	<u>9</u>
70	93,2	72,8	74,9	95,3	69,0	69,2	6.913	13	12
60	95,7	72,9	77,7	97,8	69,1	71,2	7.445	13	14
50	99,2	73,0	81,6	101,4	69,2	75,3	-	-	-

Fonte: AUTOR

A figura 6.12 reproduz a curva desenvolvida por Suri (1998) utilizando os dados da tabela 6.14.

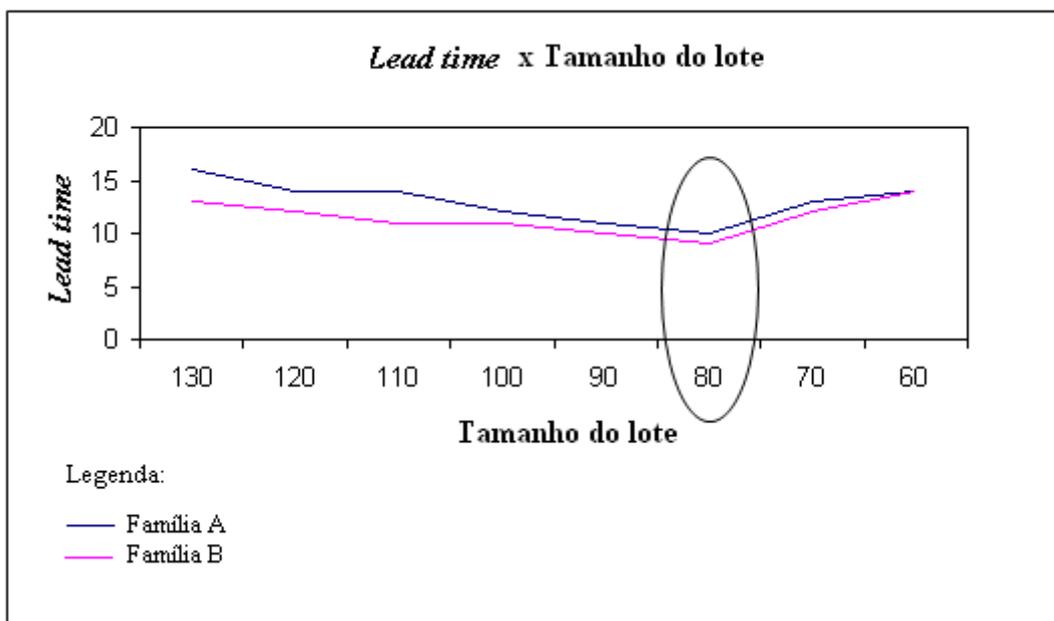


FIGURA 6.12: Curva *lead time* x tamanho de lote

Fonte: AUTOR

Os resultados mostrados na tabela 6.14 e a figura 6.11 permitem identificar o tamanho de lote mais adequado para alcançar o menor *lead time* (80 grosas), bem como os efeitos negativos da redução progressiva do tamanho desse lote. Nesse ponto, é possível notar que esses efeitos se estendem também à utilização dos setores e ao nível de WIP. Além disso, pode-se ver que para o tamanho de lote 70 grosas os valores desses indicadores começam a aumentar.

Outra característica importante é que o *software* MPX não calcula os valores de WIPs e do *lead time* para lotes inferiores a 50 grosas. A razão para isso é que a alta utilização de um dos setores, no caso deste estudo a do setor de acabamento destinado ao produto “B”, superou o parâmetro aceito pelo paradigma QRM que é 99,9%. Dessa forma, o *software* entende que esta alta utilização desencadeia uma série de impactos negativos ao sistema e, principalmente, ao *lead time* (espiral do tempo de resposta), o que vem atestar exatamente o que a curva *lead time* x tamanho de lote ótimo (figura 4.4, capítulo 4) mostra: valores acima ou abaixo do tamanho de lote mais adequado ao sistema aumentam o *lead time* e, conseqüentemente, a utilização dos setores e o nível de WIP.

Dessa forma, é possível concluir que, para o caso estudado, o tamanho de lote mais adequado para a redução do *lead time* é de 80 grosas, o que representa uma redução de aproximadamente 33% do tamanho de lote adotado pela empresa (120 grosas). Isso significa que a utilização desse tamanho de lote potencializa os indicadores analisados, ou seja,

aumenta dentro do parâmetro aceitável pelo projeto QRM as taxas de utilização dos setores, reduz os níveis de WIPs e, conseqüentemente, os *lead times* dos produtos.

As figuras 6. 13 e 6.14 mostram os resultados do cenário 6.

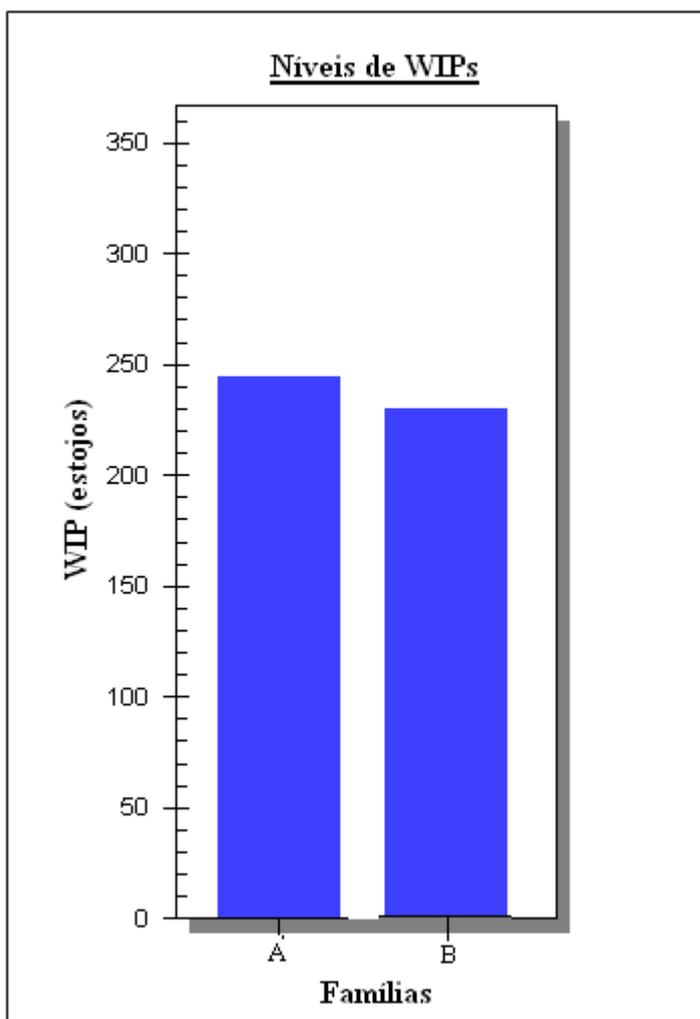


FIGURA 6.13: Análise dos níveis de WIPs para as famílias “A” e “B”

Fonte: AUTOR

A figura 6.13 indica pequenos níveis de WIP das famílias “A” e “B” que somados representam 5.736 grosas.

E, por fim, a figura 6.14 mostra os *lead times* para ambos os produtos analisados no cenário 6.

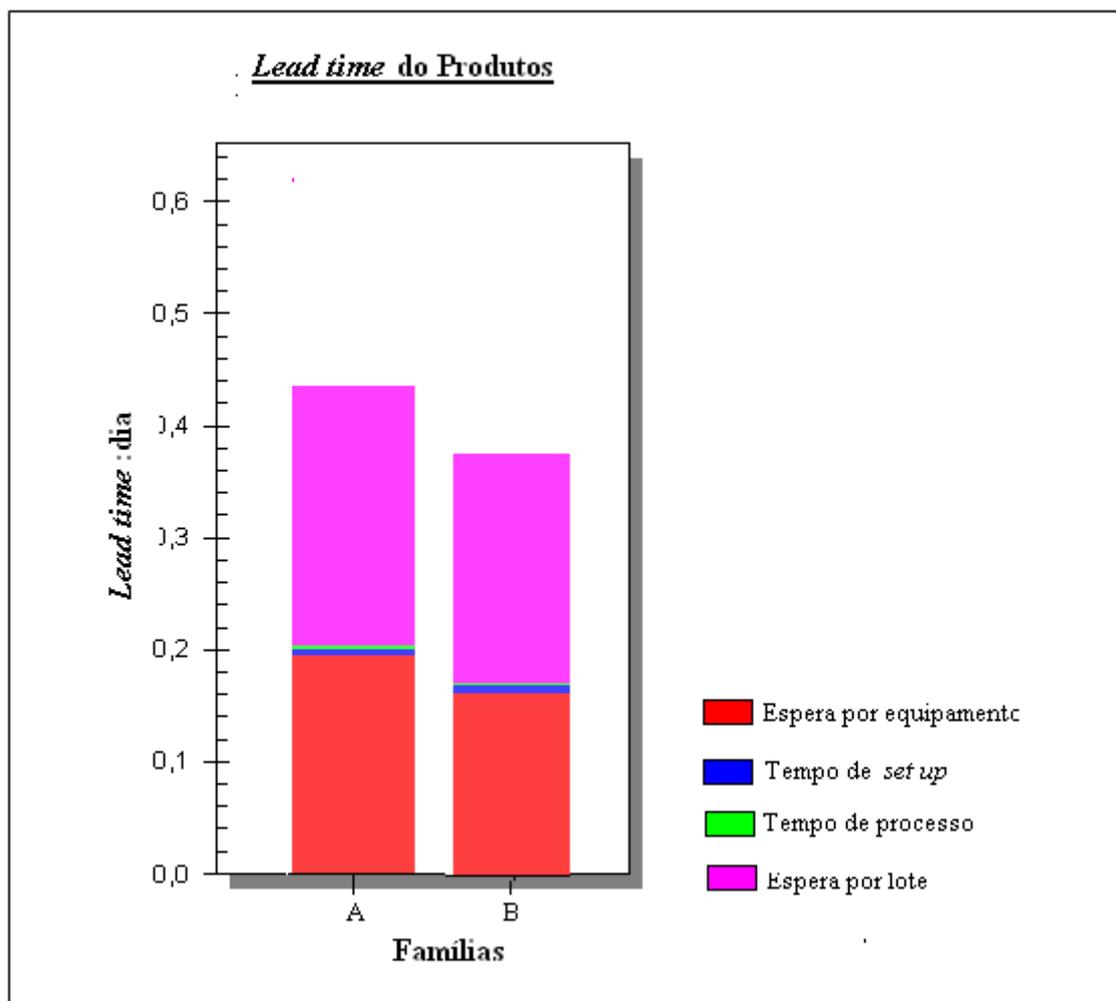


FIGURA 6.14: Análise do *lead time* dos produtos das famílias “A” e “B” para o cenário 6

Fonte: AUTOR

A figura 6.14 mostra pequenos *lead times* para ambas as famílias: para “A”, um tempo de 10 horas (0,43 dia); e “B”, um de 9 horas (0,36 dia).

A síntese do resultado desses gráficos e dos demais gráficos apresentados nos outros cenários é mostrada na tabela 6.15, destacando os valores dos cenário 6 (proposto nessa pesquisa) e, do cenário 1 (cenário atual da empresa).

TABELA 6.15: Análises dos resultados para os cenários 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Cenários	Produtos	Utilização (%)			WIP(grosas)		Lead time (horas)
		Acabamento	Embaladora	LAC	Para cada produto	Total	
<u>Cenário 1</u>	<u>Pedidos "pequenos"</u>	<u>94,5</u>	<u>91,8</u>	89,0	<u>9.840</u>	<u>18.000</u>	<u>107</u>
	<u>Pedidos "grandes"</u>	<u>91,6</u>	<u>82,9</u>	69,1	<u>8.160</u>		<u>18</u>
Cenário 2	Único	94,4	86,1	70,8	10.560	10.560	20
Cenário 3	Família "A"	91,6	73,8	<u>73,7</u>	4.200	8.112	15
	Família "B"	91,6	69,9	<u>68,8</u>	3.912		14
Cenário 4	Família "A"	91,3	72,6	72,8	4.032	7.800	15
	Família "B"	93,4	68,8	67,2	3.768		13
Cenário 5	Família "A"	87,2	73,0	68,7	4.032	7.692	15
	Família "B"	89,1	67,8	63,5	3.660		13
<u>Cenário 6</u>	<u>Família "A"</u>	<u>91,3</u>	<u>72,7</u>	<u>72,8</u>	<u>248</u>	<u>5.736</u>	<u>10</u>
	<u>Família "B"</u>	<u>93,4</u>	<u>68,9</u>	<u>67,6</u>	<u>230</u>		<u>9</u>

Fonte: AUTOR

A tabela 6.14 permite calcular a média dos percentuais de utilização dos setores estudados: 78% destinados ao produto "A" e, de 76% ao produto "B". Esses valores atendem à recomendação do projeto QRM, a qual estabelece o percentual de utilização dos setores entre 70 a 80%.

Em relação ao nível total de WIP, é possível identificar uma redução de, aproximadamente, 55% quando comparado ao cenário atual da empresa (cenário 1), o que impacta diretamente os *lead times* dos produtos. Esses tiveram uma grande redução: de 97% para o produto "A"; e de 50% para o produto "B".

6.5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Nessa seção são apresentados os resultados da proposta de aplicação de alguns princípios e ferramentas do QRM na área de produção para a empresa estudada. A apresentação dessas propostas é feita de acordo com as quatro causas raízes identificadas. A figura 6.15 mostra essa relação.

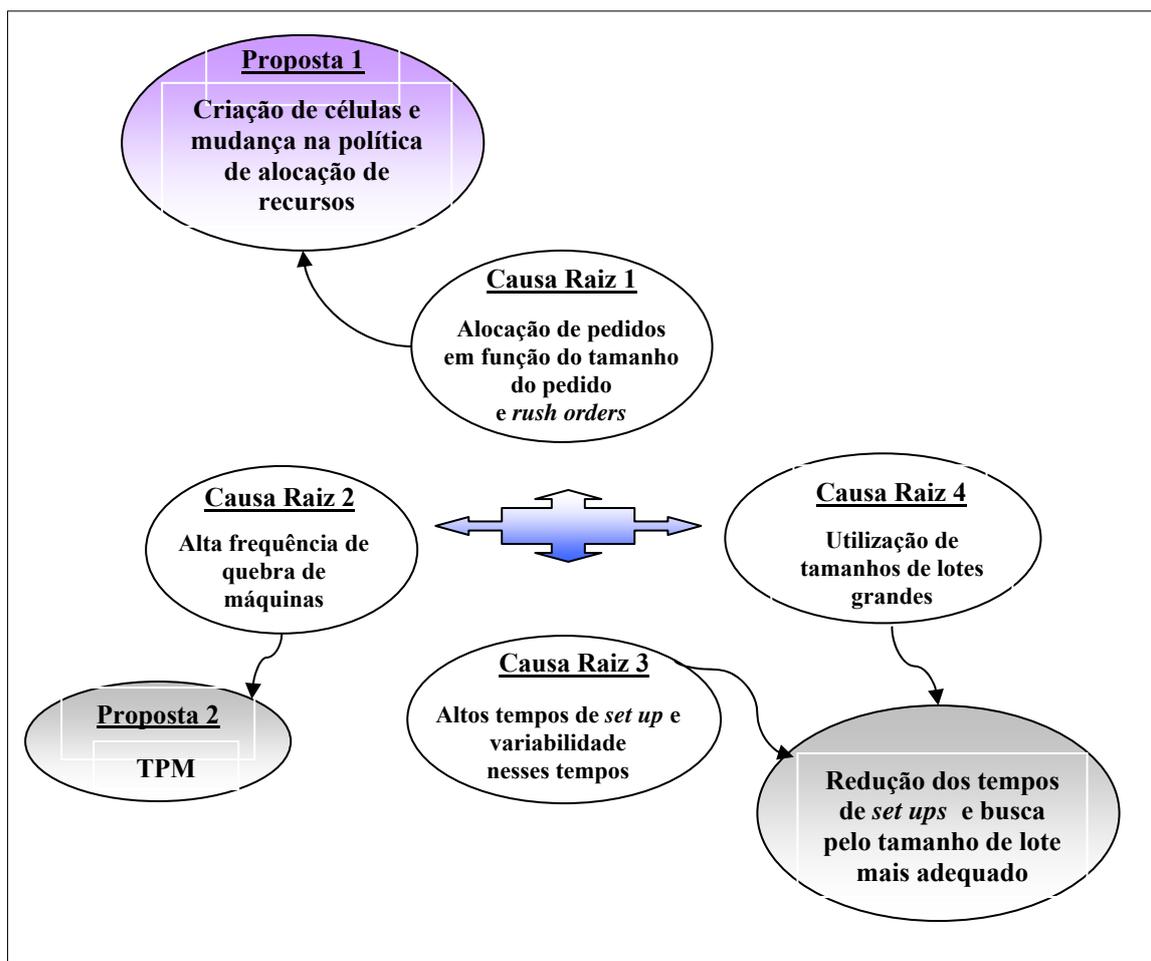


FIGURA 6.15: Causas raízes e propostas

Fonte: AUTOR

Com base na figura 6.15 tem-se que as propostas analisadas são: (i) criação de células e mudanças na política de alocação de recursos; (ii) adoção de políticas de TPM; (iii) redução dos *set ups* e busca pelo tamanho do lote ótimo. Aqui é importante destacar que a ordem para aplicação das propostas segue as orientações da abordagem QRM.

Em relação à primeira proposta, criação de células e mudança na política de alocação de recursos, dois novos cenários foram criados (cenário 2 e 3). Alguns pontos em relação a esses cenários se destacam:

- a) Cenário 2: nesse cenário foram eliminadas a atual política de alocação de recursos e as *rush orders*. Isso resultou em significativas melhoras ao sistema: o percentual de utilização dos setores se reduziu em média 2,71% em relação à situação atual da empresa; o nível de WIP se reduziu aproximadamente 59%; e o *lead time* se reduziu em média 32%;

b) Cenário 3: o terceiro cenário mantém as condições do cenário 2, contudo foram estabelecidas duas famílias de produtos, duas células de produção e a utilização da técnica *time slicing*. As *rush orders* foram eliminadas e cada célula passou a ser responsável pela produção de um produto. Além disso, foi estabelecido que apenas um pedido devesse ser processado a cada vez. Os resultados alcançados com essas medidas indicam importantes melhorias quando comparado ao cenário 2, são elas: redução média de 5,53% da utilização dos setores; redução média de 23% no WIP; redução média de 27,5%. Isso consolida os benefícios da implementação de células defendidos pela abordagem QRM.

Além das melhorias já encontradas com o cenário 2, foi necessário eliminar, ou pelo menos reduzir, as demais causas para o longo *lead time* da empresa. Isso gerou mais um novo cenário (cenário 4) que buscou exatamente aplicar os conceitos da segunda proposta, aplicação de políticas do TPM. Os principais pontos e resultados dessa proposta são:

a) No cenário 4 foram consideradas as situações expostas pelo cenário 3 e mais a implementação de uma política de TPM. Essa política tem como objetivo reduzir em 30% os tempos de falhas e reparo dos equipamentos. Os resultados quando comparado ao cenário 3 apontam para as seguintes reduções: 0,75 % na utilização dos setores, 3,84% no nível de WIP e 6,67% no *lead time* médio.

Por fim, tem-se a quarta proposta: redução nos tempos de *set ups* e busca pelo lote ótimo, que fortaleceram ainda mais as melhorias já obtidas. Nos cenários 5 e 6, criados para essas propostas, destacam-se os seguintes pontos:

a) Cenário 5: para esse cenário foram consideradas as constatações do cenário 4 e a implementação de políticas que reduzissem em 30% os tempos de *set ups*. Os resultados indicam os seguintes ganhos comparados ao cenário 4: redução de 2,8% na utilização média dos setores; redução de, aproximadamente, 2% no nível de WIP e o mesmo *lead time* médio para os produtos;

b) Cenário 6: esse cenário potencializou os resultados do cenário anterior pelo uso de um tamanho de lote mais adequado ao sistema. Para identificação desse tamanho de lote, nove alternativas foram testadas, chegando ao valor de 80 grosas/lote. As melhorias alcançadas com essa política não afetaram a utilização dos setores, a qual se manteve constante. Já em relação à redução do nível de WIP houve uma redução de 31,7% e em relação ao *lead time* médio uma redução de 25%.

A criação desses cenários possibilitou o acompanhamento do processo de melhoria do sistema, o qual foi obtido pela aplicação de alguns dos conceitos e ferramentas do QRM. A consolidação dos benefícios da implementação do QRM no cenário 6 fica ainda mais

evidente quando comparado ao Cenário 1, situação atual da empresa. A tabela 6.16 mostra esses dados.

TABELA 6.16: Consolidação de resultados

Indicadores	Situação Atual da Empresa (cenário 1)	Situação Final Proposta (cenário 6)	Melhoria
<i>Lead time</i> médio	62,5 horas	9,5 horas	Redução 84,8%
Utilização média dos setores	70,73%	77,78%	Aumento 7,05%
Nível meio de WIP	18.000 grosas	5.736 grosas	Redução 68,13%

Fonte: AUTOR

A tabela 6.16 mostra a média de valores para cada um dos três indicadores analisados. O primeiro deles, utilização dos setores, revela que houve um acréscimo médio de 7,05% no percentual médio de utilização dos setores. Isso é resultado de um balanceamento na utilização dos setores (tabela 6.15), cujo principal benefício foi a redução no nível de WIP (68,13%) e no *lead time* (84,8%). Esses indicadores alcançaram os parâmetros estabelecidos: percentual de utilização dos setores entre 70% a 80%, nível de WIP (5.736 grosas) próximo ao estabelecido como ideal pela Lei de *Little* (5.760 grosas) e o *lead time* médio (9,5 horas) próximo ao calculado pela Lei de *Little* (7,2 horas).

Com relação a essas melhorias, é importante observar que os resultados encontrados consideram, graças ao uso do *software*, as interações e variabilidades do sistema, o que valida e aproxima ainda mais os dados da realidade da empresa. Já que a Lei de *Little* realiza apenas a análise estática do sistema, sendo usada nessa pesquisa como meta a ser alcançada pelos indicadores.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente capítulo propõe a implementação de alguns conceitos e ferramentas do QRM em um estudo de caso em uma empresa de materiais de escrita.

Já em relação às contribuições desse estudo de caso, é importante observar que sua realização permitiu quantificar os benefícios da implementação de uma lógica de

manufatura celular na prática. Isso representa um importante avanço para o tema estudado, pois apesar da manufatura celular ser um assunto bastante discutido e utilizado pelas empresas não existem trabalhos que quantifiquem seus benefícios em casos reais (com exceção do trabalho Molleman, Slomp e Rolefes (2002) que abordam os benefícios da Manufatura Celular ao longo de 13 anos de pesquisa).

Outra importante contribuição é a possibilidade de explicar e quantificar os benefícios advindos da implementação de uma série de técnicas modernas de gestão da produção, tais como: redução do *set up*, redução na quebra de máquinas e redução do tamanho de lotes. Essas técnicas, assim como a Manufatura Celular, são bastante conhecidas e divulgadas em outros paradigmas de gestão (tal como a Manufatura Enxuta), porém a maioria dos trabalhos foca na aplicação das técnicas sem a preocupação de quantificar seus benefícios e interações nas variáveis do chão-de-fábrica. É exatamente esse *gap* um dos focos do presente estudo, o qual se baseia nas premissas do QRM para analisar e quantificar claramente as interações e impactos das variáveis do chão-de-fábrica..

Dessa forma, é possível concluir que os resultados obtidos por esse estudo alcançaram os objetivos estabelecidos, consolidando os benefícios e atestando as premissas apresentados pela a abordagem QRM. Isso contribui para a divulgação do QRM em empresas brasileiras, motivando sua implementação.

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

A presente pesquisa apresentou e quantificou os benefícios da implementação de conceitos e ferramentas de redução do *lead time* nas variáveis do chão-de-fábrica com base na abordagem QRM. Para isso, importantes resultados foram apresentados de acordo com os cinco objetivos de pesquisa estabelecidos.

O primeiro objetivo está relacionado à apresentação de uma ampla revisão da literatura a respeito da redução do *lead time* dentro do contexto da TBC/MR e QRM, a qual foi alcançada por meio dos estudos dos PEGEMs e de um levantamento de trabalhos sobre o tema durante um período de 20 anos. Esse levantamento deu origem a uma importante classificação que foi realizada com base em cinco critérios: abordagem de pesquisa, método de pesquisa, abrangência, princípios e ferramentas e, o último, contribuições dos trabalhos. De acordo com a classificação proposta, o estudo desenvolvido no capítulo três dessa dissertação, classificação e proposta de trabalhos sobre redução do *lead time*: da TBC ao QRM, pode ser classificado da seguinte forma:

- a) Quanto à abordagem: Qualitativo;
- b) Quanto ao método: Revisão da Literatura;
- c) Quanto à abrangência: foco nos quatro grupos da empresa (produção/qualidade; Cadeia de Suprimentos/logística; Escritório/Atividades de Apoio; Pesquisa e Desenvolvimento);
- d) Quanto aos princípios e ferramentas: CP₁ ao CP₂₀ e CF₁ ao CF₃₄;
- e) Quanto à contribuição: ampla e completa revisão bibliográfica.

Essa classificação, bem como as dos 56 trabalhos, permitiu o desenvolvimento de análises qualitativas, quantitativas e algumas correlações entre os critérios, em que se destacam as seguintes constatações:

- Em relação à abordagem de pesquisa: o percentual de trabalhos qualitativos é muito superior aos trabalhos quantitativos, atingindo um percentual de 50%;
- Em relação ao método de pesquisa: o método pesquisa-ação não foi encontrado em nenhum dos trabalhos pesquisados;
- Em relação à abrangência: a categoria foco nos quatro grupos apresentou o maior percentual de trabalhos tanto para a abordagem qualitativa quanto quantitativa;
- Em relação aos princípios e ferramentas: nesse critério foi possível estabelecer o aumento crescente no número de princípios e ferramentas estudadas ao longo dos

anos, no entanto, um grande número de ambos não foi focado em nenhum trabalho;

- Em relação às contribuições: tem-se que grande parte dos trabalhos foca na proposta de aplicação de ferramentas e em demonstrar o porquê as empresas devem reduzir seus *lead times*.

Já o segundo objetivo busca divulgar e promover o entendimento da abordagem QRM. Esse objetivo foi alcançado por meio da estruturação dos capítulos 3 e 4 que apresentaram uma visão geral do QRM, sua aplicação nas quatro grandes áreas da empresa e uma análise comparativa entre o QRM e a Manufatura Enxuta.

O terceiro objetivo estabelece a realização de um estudo de caso em que simulações envolvendo o cenário atual da empresa e as propostas de melhoria fossem analisadas e comparadas. Esse objetivo foi alcançado pelo estudo de uma empresa de materiais de escrita que apresenta os pré-requisitos necessários à implementação do projeto QRM. Os pré-requisitos estão relacionados à grande variedade de produtos ofertados pela empresa e ao ambiente altamente competitivo em que a empresa está inserida. Além disso, a empresa apresenta problemas nos prazos de entrega e grande volume de WIP. Tais problemas foram identificados e suas causas levantadas, dando origem às propostas apresentadas com base na abordagem QRM. Em relação às ferramentas utilizadas, destacam-se as simulações realizadas via MPX que permitiram validar os dados levantados, quantificar os benefícios e oferecer importantes *insights* a respeito das causas e propostas estabelecidas. Para esse estudo de caso foram implementados importantes passos do projeto QRM, tais como: mapeamento do MCT, identificação do FTMS, aplicação do QRM Detetive, din

O quarto objetivo busca estabelecer contribuições com a teoria em Gestão de Sistemas de Manufatura mostrando uma proposta de aplicação prática de uma série de novos princípios e ferramentas para a redução do *lead time*. Esse objetivo foi alcançado por meio da proposta de implementação de alguns conceitos e ferramentas do QRM na empresa estudada. Isso propiciou algumas importantes contribuições para a área prática e acadêmica:

- a) Apresentação das propostas de implementação do QRM, assunto carente de pesquisa;
- b) Definição das diferenças e semelhanças entre o QRM e a ME, a primeira abordagem ainda pouco conhecida no Brasil e a outra bastante divulgada e consolidada na literatura;
- c) Quantificação dos benefícios da implementação de uma lógica celular;
- d) Explicação e quantificação das razões dos benefícios advindos de uma série de técnicas modernas de gestão;
- e) E, por fim, avaliação do impacto das interações das variáveis do chão-de-fábrica.

O último objetivo estabelece a identificação de propostas para os trabalhos futuros, as quais foram apresentadas ao longo dessa dissertação. Algumas das principais sugestões são:

- a) Os *gaps* na literatura encontrados pelo levantamento de trabalhos sobre redução do *lead time* no contexto da TBC/MR e QRM, apresentados no capítulo 3. Esses *gaps* estão relacionados ao número reduzido de pesquisas, ou até mesmo à ausência, de alguns critérios estabelecidos nos trabalhos levantados. Alguns exemplos desses *gaps* são: o método de pesquisa-ação, não encontrado nos trabalhos levantados; o foco exclusivo no grupo de pesquisa e desenvolvimento da empresa; e uma série de princípios e ferramentas;
- b) Análise comparativa entre o QRM e Manufatura Enxuta em outras áreas da empresa, tais como: escritório; cadeia de suprimentos e pesquisa e desenvolvimento;
- c) Análise comparativa entre o QRM e outras abordagens de gestão, tais como: Teoria das Restrições;
- d) Estudos de caso que busquem implementar o QRM em outras áreas da empresa.

Dessa forma, é possível concluir que essa dissertação alcançou todos os objetivos propostos, contribuindo para o estudo de redução do *lead time* tanto no campo teórico quanto no prático.

8. REFERÊNCIAS

AMARATUNGA, D. et. al. Quantitative and qualitative research in the built environment: application of "mixed" research approach. **Work Study**, v.51, n.1, p.17-31, 2002.

ASKIN, R.; STANDRIDGE, C. **Manufacturing Systems Modeling**. New Jersey: John Wiley & Sons. 1993.

ATKINSON, W. The customer-responsive manufacturing organization. **Manufacturing Systems**, v. 8, n.5, p. 58- 61, 1990.

BARTEZZAGHI, E.; SPINA, G.; VERGANTI, R. Lead time models of business processes. *Internacional Journal of Operations & Production Management*, v. 14, n.5. p. 5-20, 1994.

BASTOS, A.A.P. **A dinâmica de sistemas e a compreensão da estrutura de negócios**. 2003.132f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Departamento de Administração, USP. São Paulo. 2003.

BERENDS, P.; ROMME, G. **Simulation as a research tool in management studies**. *European Management Journal*, v.17, n.6, p.576-583, 1999.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BIRTWISTLE, G.; FIRITO, S. S.; MOORE, C. M.. Supplier perceptions of quick response systems. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 19, n.3, p. 334-345, 2006.

BOOTH, R. Agile Manufacturing. **Engineering Management Journal**, vol. 6, n.2, p.105-112, April 1996.

BOZARTH, A.; CHAPMAN, S. A contingency view of time-based competition for manufacturers. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 6, p. 56-67, 1996.

BOWER, J.L.; HOUT, T.M.: Fast Cycle capability for competitive power. **Harvard Business Review**, p. 110-118, November-December, 1988.

BURBIDGE, J. L.; **Period batch control**. Oxford: Clarendon Press, 1996.

BUZACOTT, J. A. A perspective on new paradigms in manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, v.14, n.2, p.118-125, 1995.

BUYUKOZKAN, G.; BAYKASOLU, A. Integration of Internet and web-based tools in new product development process. **Production Planning and Control**, v. 18, n. 1, p. 44-53, jan. 2007.

BLACKBURN, J.D. Time-based competition: White-collar activities. **Business Horizons**, v. 35, n 4, p. 96-101, 1992.

BRENNAN, R. W.; FOROUGHI, B. A control framework to support responsive manufacturing. **International Journal of Agile Management Systems**, v.1, n. 3, p. 159-168, 1999.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.

CARTER, P. L.; MELNYK, S. A.; HANDFIELD, R. B. Identifying the basic process strategies for time-based competition. **Production and Inventory Management Journal**, first quarter, p. 65-70, 1995.

CÔRREA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP, OPT: Um enfoque estratégico**. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R. e AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHO, H.; JUNG, M.Y.; KIN, M.: Enabling technologies of Agile Manufacturing and its related activities in Korea. **Computers and Industrial Engineering**, vol. 30, p. 323-334, 1996.

CLETO, M.G. A Gestão da produção nos últimos 45 anos. **FAE Business**. n.4, dez. 2002. Disponível em: http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_fae_business/n4_dezembro_2002
Acesso: em 15 maio 2008.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTAIN, D.; FOGLIATTO, F.S. Mass Customization: Literature review and research directions. **International Journal of Productions Economics**. Vol. 72, p. 1-13, 2001.

DAUGHERTY, P.J; PITTMAN, P.H. Utilization of time-based strategies: creting distribution flexibility/ responsiveness. *Internacional Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n.2. p. 54-60, 1995.

DEGRAEVE, Z.; SCHRAGE, L. HOP: A software tool for production scheduling at Bridgestone/Firestone Off-The-Road. **Europen Journal of Operation Research**, v. 110, n.2, p. 188-198, october,1998.

DIBRELL, C.; DAVIS, P. S; DANSKIN, P. The influence internacionalizacion. *Manaegement Internacional Review*, v. 45, n. 2, p.173-195, 2005.

DUGWAY, C.R.; LANDRY, S.; PASIN, F.: From mass production to flexible/agile manufacturing. **International Journal of Operations and Production Management**, vol. 17, n.12, pp. 1183-1195, 1997.

ERICKSEN, P.D.; SURI, R.: Managing the Extended Enterprise. **Purchasing Today**, vol. 12, n.2, p. 58-63, 2001.

ERICKSEN, P.D.; SURI, R. EL JAWHARI, B.; ARMSTRONG, A.J. Filling the gap: rethinking supply management in the age of global sourcing and Lean. **APICS: The performance Advantage**, Feb. 2005.

ERICKSEN, P.D.; STOFLET, N.J. e SURI, R. **Manufacturing Critical-Path Time – The QRM metric for lead time**. Corse Notebook - Department of Industrial and Systems Engineering 641 Class (Design and Analysis of Manufacturing Systems). University of Wisconsin at Madison, 2007.

FERNANDES, F.C.F.; MACCARTHY, B.L. Production Planning and Control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts. **IIE Transactions**, vol. 29, n. 10, p. 825-838, 1999.

FERNANDES, N.O.; CARMO-SILVA, S. Generic POLCA – A production and materials flow control mechanism for quick response manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 104, p. 74- 84, 2005.

FERNANDES, F.C.F; GODINHO FILHO, M. Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. **Gestão da Produção**, v. 14, n.2, p. 337-352, 2007.

FERNIE, J.; AZUMA, N. The changing nature of Japanese fashion: Can quick response improve supply chain efficiency? **European Journal of Marketing**, v. 38, n.7, p. 708-808, 2004.

FOUCHAL, F.; DICKENS, P. Adaptive screen printing for rapid manufacturing. **Emerald Group**, v. 13, n. 5, p. 287- 290, 2007.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambridge, MA, MIT Press, 1962.

GAIMON, C.; BURGESS, R. H. Analysis of the lead time and learning for capacity expansions. **Productions and Operations Management**, v. 12, n.1, p. 129-140, 2003.

GEHANI, R. R. Time-based management of technology: A taxonomic integration of tactical and strategic roles. **Internacional Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 2, p.19-35, 1995.

GELDERS, A.; MANNAERTS, A.; MAES, A. Manufacturing strategy, performance indicators and improvement programmes. **International Journal of Production Research**, v. 32, n.4, p. 797-805, april 1994.

GEST, G.; CULLEY, S. J.; McINTOSH, R. I.; MILEHAM, A. R. Review of fast tool change systems. **Computer Integrated Manufacturing Systems**, v. 8, n.3, p. 205-210, 1995.

GINDY, N. Responsive Manufacturing. **Assembly Automotive**, v. 18, n.1, p. 55-61, 1999.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F.C.F. . Proposta de uma metodologia geral para classificação e codificação de artigos e análise de um determinado tema de pesquisa. **Revista de Biblioteconomia de Brasília**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 181-196, 2003.

GODINHO FILHO, M. FERNANDES, F.C.F. . Manufatura em Massa Atual: evidências empíricas na indústria brasileira de calçados. **Técnicouro**, v. 26, n. 4, p. 90-97, 2005a.

GODINHO Filho, M.; FERNANDES, F.C.F. Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs): elementos chave e modelo conceitual. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 333-346, 2005b.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F.C.F. Manufatura Agil e Customização em Massa: conceitos, semelhanças e diferenças. **RAUSP. Revista de Administração**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 81-95, 2006.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F.C.F. Strategic Paradigms for Manufacturing Management (SPMM): Key Elements and Conceptual Model. **International Journal of Industrial Engineering**, v. 16, p. 147-159, 2009.

GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Combining System Dynamics and Factory Physics to study the effect of continuous improvement in operating curves. In: **Industrial Engineering Research Conference (IIE Annual Conference)**, Vancouver, 2008a.

GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Combining System Dynamics and Factory Physics to study the effect of continuous improvement on lot size – cycle time relationship. In: **19th Annual Conference of the Production and Operations Management Society (POMS Annual Meeting)**, La Jolla, 2008b.

GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K. **Agile Competitors and Virtual Organizations**, Van Nostrand Reinhold, New York, 1995.

GORANSON, H.T. **The Agile Virtual Enterprise – Cases, Metrics, Tools**. Quorum Books, Westport, Connecticut, London, 1999.

GROOVER, M.P. **Automation, production systems and computer integrated manufacturing**. 2 ed. Prentice Hall, 2001.

GRUBB, L. Using total cycle time for quick response manufacturing. *Assembly Automotive*, v.18, n.1, p. 20- 24, 1998.

HARDING, L. QRM: an enabler on the road to agility? *Control*, v.15, june, 2002.

HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C. **Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing**. Wiley, New York, 1984.

HENDERSON, B. A.; LARCO, J. L. **Lean transformation**. The Oaklea Press: Richmond: Virginia, 2000.

HODGSON, A.; ARMAN, H.; GINDY, N. N. Z. An intelligent technology watch function for the high technology enterprise. **International Journal of Industry an Systems Engineering**, v. 3, n.1, p. 38-52, 2008.

HOLWEG, D. et al. Towards responsive vehicle supply: a simulation-based investigation into automotive scheduling system. **Journal of Operations Management**, v. 23, n. 5, p. 507-530, 2005.

HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **Factory Physics: Foundation of Manufacturing Management**. 2nd Edition, International Edition: McGrawHill, 2002.

HUM, S.H.; SIM H.H. Time-based competition: literature review and implications for modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 1, p. 75-90, 1994.

JAGDEV, H.; BROWNE, J. The extended enterprise: a context for manufacturing. **Production Planning and Control**, vol. 9, n.3, p.216-229, 1998.

JAYARAM, J.; VIVKERY, S. K.; DROGE, C. An empirical study of time-based competition in the Norte American automotive supplier industry . **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 10, p.1010- 1034, 1999.

JOHNSON, D. J. A framework for reducing manufacturing throughput time. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 22, n.4, p. 283-298, 2003.

KIM, L. A.; TANG. C.S.A. Lead time and response time in a pull production control system. **European Journal of Operation Research**, v. 101, n. 3, p. 474-485, september 1997.

KOUFTEROS, X. A.; VONDEREMBSE, M. A.; DOLL, W. J. Developing measures of time-based manufacturing. **Journal of Operations Management**, v.16, p.21-41, 1998.

KOTHA, S.: Mass Customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage. **Strategic Management Journal**, vol.16, pp. 21-42, 1995.

KUMAR, A; MONTWANI, J. A methodology for assessing time-based-competitive advantage of manufacturing firms. *Internacional Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n.2. p. 33-53, 1995.

KRITCHANCHAI, D.;MACCARTHY, B.L. Responsiveness and strategy in manufacturing. Proceedings of the workshop Responsiveness in Manufacturing, , IEE, London, P. 98-123, 1998.

LAKATOS,E.M.; MARCONI,M.A. **Metodologia do trabalho científico:procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos.**6 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAU, R. Mass Customization: The next industrial revolution. **Industrial Management**, vol.37, n.5, p.8-9, 1995.

LIKER, J. K. **O modelo toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIM, M. K.; ZHANG, Z., 2003, A mult-agent based manufacturing control strategy for manufacturing. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 139, p. 379-384, 2003.

LITTLE, D.; PECK, M.; PORTER, K. Responsive manufacturing demands alignment of production control methods to business drivers. **Integrate Manufacturing systems**, v. 12, n. 3, p. 170-178, 2005.

MACCARTHY, B.L.; FERNANDES,F.C.F. A multi-dimensional classification of production systems for the *design* and selection of production planning and control systems. **Production Planning & Control**, v.11, no 5, p. 481-496, 2000.

MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MASKWELL, B. H. Lean accounting for lean manufactures. **Manufacturing Engineering**, n. 12, p. 46-53, 2000.

MASON-JONES, R.; RATURI, A.S.; MEREDITH, J.R. Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. **International Journal of Production Research**. Vol. 38, n. 17, p. 4061-4070, 2000.

MATALLO Jr., H. A explicação científica. In: _____ CARVALHO, M. C. M. de. **Construindo o saber.** 2.ª ed. Campinas: Papirus, p.39-62, 1995.

McKONE, K.E.; SCHROEDER, R.G.;CUA.K.O. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, v.19, n.1, p.39-58, jan. 2001.

MEYER, M. H.; UTTERBACK, J. M. Product Development Cycle Time and Commercial Success. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 42, n. 4, p. 297-304, november 1995,

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v.17, n. 1, 2007.

MILEHAM, A. R.; CULLEY, S. J.; McINTOSH, R. I.; GEST, G.; OWEN, G. W. Set-up reduction (SUR) beyond total productive maintenance (TPM). **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 211, n. B4, p. 253- 260, 1997.

MILLER, S.S.: Make your plant manager's job manageable. **Harvard Business Review**, vol. 61, n.1, pp. 69-74, 1983.

MOLLEMAN, E.; SLOMP, J.; ROLEFES, S. The evolution of a cellular manufacturing system – a longitudinal case study. **Internacional of Production Economics**, n.75, p. 305-322, 2002.

MOSHER, T.; STUCKER, B. Responsive space requires for responsive manufacturing. *2nd Responsive Space Conference*, April, Los Angeles, 2004.

MOXHAM, C.; GRATBANKS, R. Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.18, n.4, p.404-414, 2001.

NAHM, A. Y.; VONDEREMBSE, M. A.; KOUFTEROS, X. A. The Impact of Organizational Culture on Time-Based Manufacturing and Performance. **Decision Sciences**, v. 35, n. 4, p. 579-607, 2004.

OWEN, D. & KRUSE, G.: Follow the customer. **Manufacturing Engineering**, vol. 118, n. 4, p. 65-68, 1997.

PINE, B. J.: **Mass Customization: The New Frontier in Business Competition**, Harvard Business School Press, Boston, Massachussets, 1993.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey research methodology in management information systems: an assessment. **Journal of Management Information Systems**, Armonk, v. 10, n.2, p.75-105, 1993.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PRAGMAN, C. H. JIT II: A Purchasing Concept For Reducing Lead Times in Time-Based Competition. **Business Horizons**, v. 39, n. 4, p. 54- 58, July-August 1996.

RANGA, P., DWIVEDI, S.N. Research issues in responsive and agile manufacturing. **International Conference on Agile Manufacturing, Advances in Agile Manufacturing**, ICAM ,Beijing: China, 2003.

RICH, N.; HINES, P. Supply-chain management and time-based competition: the role of the supplier association. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol. 27, n. 3/4, p. 210-225, 1997.

RISE, R. T; The implication time-based competition on internacional logistcs strategies. *Business Horizons*, September-october, p. 39-45, 1995.

RONDEAU, P. J.; VONDEREMBSE, M. A.; RAGU-NATHAN, T.S.; Investigating the level and-user development and invelopment among time-based competitor. *Decision Sciense*, v. 33, n. 1, p. 153-160, 2002.

ROHR, S. S.; CORRÊA, H. L. Time-based competitiveness in Brazil: whys and hows. **Internacional Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 3, p. 233-245, 1998.

ROTHER, M.; SHOOK J. **Aprendendo a enxergar.** Lean Institute Brasil: 1998.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. **Management Research News**, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.

SAES, E.V.; GODINHO FILHO, M. Lean Manufacturing e Quick Response Manufacturing: Análise Comparativa. **XX SIMPEP**, 2008.

SAAD, S. M.; GINDY, N.N.Z. Future shape of the responsive manufacturing enterprise. *Benchmarking: An International Journal*, v. 14, n. 1, p.140-152, 2007.

SELITTO, M. A.; WALTER, C.; Medição e controle do tempo de atravessamento em um sistema de manufatura. *Gestão da Produção*, v. 15, n. 1, p. 135-147, 2008.

SENGE, P.M. A quinta disciplina: arte e pratica da organização de aprendizagem. OP Traduções (Trad.). 2ª ed. São Paulo: Best Seller, 443p, 1998.

SIM, K. L.; CURATOLA A. P. Time-based competition. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 16, n. 7, p. 659-674,1999.

SING, B.G. Keeping the wheels turning (total productive maintenance). **Manufacturing Engineer**, [S.I], v.85, n.1, p.32-35, março 2006.

SONG, L.; NAGI, R.: Design and Implementation of a virtual information system for agile manufacturing. **IIE Transactions**, vol. 29, n.1, p.839-857, 1997.

SULLIVAN, P.; KANG, J. Quick response adoption in the apparel manufacturing industry: competitive advantage of innovation. **Journal of Small Business Management**, v. 31, n. 1, p.1-13, 1999.

SURI, R. **Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead times**. Portland: Productivity Press, 1998a.

SURI, R. Don't push or pull – POLCA. **APICS- Production Management**, v. 8, n. 11, p. 32-38, 1998b.

SURI, R.;KRISHNAMURTHY, A. How to Plan and Implement POLCA: A Material Control System for High Variety or Custom-Engineered Products, Technical Report, **Center for Quick Response Manufacturing, University of Wisconsin-Madison, WI, 2003.**

SURI, R.; VEERAMANI, R.; CHURCH, J. ABB teams up with university to drive QRM. **IEE Solutions**, November, p. 27-30, 1995.

SCHMENNER, R.. The merit of making things fast. **Sloan Management Review**, p. 1-17, 1988.

SHAH, R. ;WARD, P.T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performace. **Journal of Operations Management**. vol. 21, p. 129-149, 2002.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta:** uma revolução nos sistemas produtivos. José Antônio Valle Antunes Júnior (Sup.). Eduardo Schaan (Trad.); Cristina Schumacher (Trad.). Porto Alegre: Bookman, p.327. 2003.

SKINNER, W.: Manufacturing – missing link in corporate strategy. *Harvard Business Review*, vol. 47, n. 3, p.136-145, 1969.

SLACK Nigel; STUART Chambers; ROBERT Johnston. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura.** Editora Atlas, São Paulo, 1993.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; HARDLAND, C.; HARRISON, A. e JOHNSTON, R. *Administração da Produção.* São Paulo: Atlas, 1999.

STALK, G. JR. Time – the next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, July-August, p.41- 51, 1988.

STALK, G.; HOUT, T. **Competing against time.** The Free Press, New York, 1990.

STALK, G.; ISTVAN, R. New competitive age. *Executive Excellence*, vol. 6, n.10, p.5-6. 1989.

STERMAN, J. D.. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.** New York, McGraw-Hill, 2000.

TAMMELA, I; CANEN, A. G; HELO, P. Time-based competition and multiculturalism: a comparative approach to the Brazilian, Danish and Finish furniture industries. *Management Decision*, v. 46, n.3, p. 349-364, 2008.

TERSINE, R.J.; HUMMINGBIRD, E.A.. Lead-time reduction: the search for competitive advantage. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, n.2, p.8-18, 1995.

THIOLLENT, M.. **Pesquisa-ação nas organizações.** São Paulo: Atlas, 1997.

TIMOTHY, F. A.; KIRK, K. A.; WILLIAM B. B. Performance measurement systems and time-based manufacturing. *Production Planning & Control*, v. 4, n. 2, p. 153-159, 1993.

TONI, A. D.; MENEGHETTI, A. Traditional and Innovation paths towards time-based-competition. **Internacional Journal Production Economics**, v. 66, n. 3, p. 255- 268, july 2000.

TUBINO, F.; SURI, R. What kind of "numbers" can a company expect after implementing Quick Response Manufacturing? Empirical data from several projects on Lead Time Reduction. **Quick Response Manufacturing 2000 Conference Proceedings**. Society of Manufacturing Engineers Press, Dearborn, MI, p. 943-972, 2000.

TURNER, T. *et all*. Quick Response Manufacturer: when Kanban is not the solution. **Control**, n.2, p. 20-23, 2006.

TREVILLE, S. D., et al..From supply chain to demand chain: the role of lead time reduction in improving demand chain performance. **Journal of Operations Management** **21**, 613-627., 2004.

UDO, G. J.; GRANTT, T. Making EDI pay off: the averitt express experience. **Production and Inventory Management Journal**, v. 34, n.4, p.6-12, 1993.

ULRICH, K; TUNG, K. Fundamentals of product modularity. **Proceedings of the 1991 ASME Winter Annual meeting Symposium on Issues in Design/Manufacturing Integration**. Atlanta, 1991.

VEERAMANI, D.; JOSHI, P. Methodologies for rapid and effective response to requests for quotation (RFQs), **IIE Transactions**, Vol. 29 No. 10, pp. 825-38, 1997.

VICKERY, S. K.; YEOMANS, J. M.; MARKLAND, R. E. Time-based competition in the furniture industry. **Production and Inventory Management Journal**, first quarter, p. 14-21, 1995.

VOSS,Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.195-219, 2002.

WALLER, B. Market Responsive Manufacture for the automotive supply chain. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 15, n. 1, p. 10-19, 2004.

WELKER, G. A.; VRIES, J. D. Formalising the ordering process to achieve responsiveness. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.16, n.4, p. 396- 410, 2005.

WENTZ, T.K. **Transformational Change: how to transform mass production thinking to meet the challenge of mass customization**. Corporate Performance Systems: Westerville, Ohio, 1999.

WILD, R. **Mass Production Management**. John Wiley & Sons Ltda. London, 1972.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J.; JONES, D.;ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Ed. Campus. 14ª Edição, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e método**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUSUF, Y.Y.; SARHADI, M. & GUNASEKARAN, A.: Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. **International Journal of Production Economics**, vol. 62, 1999.