

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Ana Julia Dal Forno

**APLICAÇÃO E ANÁLISE DAS FERRAMENTAS
BENCHMARKING ENXUTO E MAPEAMENTO DO FLUXO
DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM TRÊS EMPRESAS
CATARINENSES**

Florianópolis, fevereiro de 2008

Ana Julia Dal Forno

APLICAÇÃO E ANÁLISE DAS FERRAMENTAS BENCHMARKING ENXUTO E
MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM TRÊS EMPRESAS
CATARINENSES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Dalvio Ferrari Tubino

Florianópolis, fevereiro de 2008

APLICAÇÃO E ANÁLISE DAS FERRAMENTAS BENCHMARKING ENXUTO E
MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM TRÊS EMPRESAS
CATARINENSES

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal em Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2008

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.
Coordenador do Programa

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr. – Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Antonio Forcellini (UFSC)

Prof. Dra. Silene Seibel (UFSC)

Prof. Dr. Edson Pacheco Paladini (UFSC)

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais, Luiz e Silvani, e minha mana Manu, motivos de orgulho sempre, pessoas maravilhosas que me incentivam para que eu realize meus sonhos.

Ao meu orientador, Dalvio Ferrari Tubino, pela paciência, ensinamentos e oportunidade que tive de lecionar a disciplina de Planejamento e Controle de Produção, coordenar o Grupo de Estudos em Lean Manufacturing (GLean), participar de visitas técnicas, integrar o Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção (LSSP) e conviver com um dos gurus do Sistema Toyota.

Ao meu namorado, Fernando Augusto Pereira, meu colega de profissão e companheiro, pelas vezes que cansei, pelas idéias trocadas, pela co-orientação, pelo apoio, enfim, pessoa que acreditou sempre na minha capacidade.

Aos demais familiares e amigos do coração, que longe ou perto sempre estavam torcendo pela minha vitória, aos amigos de Santa Cruz do Sul, RS, aos amigos que conquistei em Floripa, aos amigos Sem Limites, às colegas da Natura.

Ao GLean/LSSP – Anna, Shigeru, André, Luciano, Guilherme, Cícero, Gustavo, Daniel, Glauco, Silene, Gilberto e Sigfrid –, pela troca de experiência, pelos estudos e pelo trabalho em equipe.

Aos colegas e professores das disciplinas de Logística Empresarial, Sistemas de Produção e Manufatura Enxuta, Planejamento e Controle da Produção, Custos Industriais, Gestão da Qualidade: teoria e prática, Controle Estatístico de Processos I, Sistemas de Produção Industriais e Avaliação Estratégica da Qualidade.

A Banca Examinadora dessa dissertação que, com suas contribuições, enriqueceu esse trabalho.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa e desenvolvimento.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

DAL FORNO, Ana Julia. **Aplicação e análise das ferramentas Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor**: estudo de caso em três empresas catarinenses. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Para diagnóstico dos sistemas produtivos há os métodos de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) e o Benchmarking Enxuto (BME), este desenvolvido pelo Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção (LSSP) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Este trabalho tem por objetivo descrever a aplicação desses dois métodos em três empresas de Santa Catarina, de forma a analisar e sugerir possíveis melhorias e integrações entre eles. Inicialmente, as empresas e seus sistemas produtivos são apresentados, com foco no detalhamento do setor objeto dos estudos de caso. Na seqüência, são apresentados o MFV realizado para o estado atual em que se encontrava o setor e o MFV proposto, o estado futuro. Em seguida, faz-se a aplicação do BME, com a determinação dos seus pontos fortes e fracos, identificados a partir da análise das práticas e performance das variáveis Demanda, Produto, PCP e Chão de Fábrica. A partir da aplicação do MFV e do BME nessas três empresas, identificou-se que, de modo geral, o primeiro método foca-se no processo operacional, enquanto o BME direciona de forma estratégica dados agregados resultantes da discussão do grupo multidisciplinar. Através das aplicações pôde-se concluir que os métodos apresentaram-se complementares, sendo que o BME aprofunda-se na análise do *layout*, da polivalência, da manutenção, do projeto do produto e da demanda, enquanto que o MFV, em contrapartida, permite identificar no detalhe cada processo do fluxo, determinando o *lead time* por meio de estoques de matéria-prima, em processo e produto acabado. Ainda, caracteriza-se por ser um método visual de fácil compreensão, que permite enxergar os desperdícios de estoque, de superprodução e de processo, entre outros benefícios.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta. Mapeamento do Fluxo de Valor. Benchmarking Enxuto.

ABSTRACT

DAL FORNO, Ana Julia. **Application and analysis of the tools Benchmarking Lean and Value Stream Mapping**: cases' study in three companies made in Santa Catarina/Brazil. 2008. 144 p. Dissertação (Product Engineering Master degree) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

As methods for diagnostic of the productive systems there are Value Stream Mapping (VSM) and Benchmarking Lean (BME), this developed by Production Simulation Systems Laboratory (LSSP) of the Federal Santa Catarina University (UFSC). This work objectives to describe the application of these two methods in three Santa Catarina companies, of form to analyze and to suggest possible improvements and integrations between them. Initially, the companies and this productive system are presented, with focus in the detailing of the sector object of the studies cases. In the sequence, In the sequence, the MFV carried through for the current state is presented where if it found the sector and the considered MFV, the future state. After that, it becomes application of the BME, with the determination of its strong and weak points, identified from the analysis of practical and the performance variables Demand, Product, Production Control Planning and Production. With VSM and BME application in this three companies, in general way the first method is directed to operational processes, while benchmarking has focus to strategically forms given aggregate resultants of the multidiscipline group quarrel. The methods has been presented complementary. Through the applications it could be concluded that the methods had been presented complementary, being that BME is gone deep the analysis of the layout, the polyvalence, the maintenance, the project of the product and the demand, while that the MFV, on the other hand, allows to identify in the detail each process of the flow, determining lead teams by means of raw material supplies, in process and finished product. Still, it is characterized for being a visual method of easy understanding, that allows to see process and exceeding production, supply wastefulnesses, among others benefits.

Key-words: Lean Manufacturing. Value Stream Mapping. Benchmarking Lean.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	15
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA APLICADA	18
1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 MANUFATURA ENXUTA.....	21
2.1.1 <i>Princípios da Manufatura Enxuta</i>	22
2.1.2 <i>Práticas da Manufatura Enxuta</i>	24
2.2 BENCHMARKING ENXUTO	30
2.2.2 <i>Variáveis de pesquisa do método Benchmarking Enxuto</i>	37
2.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	50
2.3.1 <i>Mapeamento do Fluxo de Valor (Método Lean Institute)</i>	52
2.4 TRABALHOS DE MAPEAMENTO NA ÁREA DE MANUFATURA ENXUTA.....	56
2.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	63
3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA A	64
3.1 INTRODUÇÃO: EMPRESA A E SEU SISTEMA PRODUTIVO	64
3.2 APLICAÇÃO DO MFV NO SETOR DE CONFEÇÃO DA EMPRESA A	68
3.3 APLICAÇÃO DO BME NO SETOR DE CONFEÇÃO DA EMPRESA A	77
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	85
4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA B.....	87
4.1 INTRODUÇÃO: EMPRESA B E SEU SISTEMA PRODUTIVO	87
4.2 APLICAÇÃO DO BME NA EMPRESA B.....	90
4.3 APLICAÇÃO DO MFV NA EMPRESA B.....	99
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	108
5 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA C	109
5.1 INTRODUÇÃO: EMPRESA C E SEU SISTEMA PRODUTIVO	109
5.2 APLICAÇÃO DO BME NA EMPRESA C.....	111
5.3 APLICAÇÃO DO MFV NA EMPRESA C.....	120

5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	133
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	134
6.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO	134
6.2	PONTOS DE INTERAÇÃO, DE SUPERPOSIÇÃO E PONTOS DE MELHORIAS.....	136
6.3	RECOMENDAÇÕES	139
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – AS DEZ MAIORES EMPRESAS DE CAPITAL ABERTO MUNDIAIS EM 1997	16
FIGURA 2.1 – DIVISÃO DE ASSUNTOS A SEREM ABORDADOS NO CAPÍTULO 2.....	21
FIGURA 2.2 – CICLO VIRTUOSO DO NIVELAMENTO DO PMP À DEMANDA.....	28
FIGURA 2.3 – VISÃO MACRO DO MÉTODO BME COM O CICLO PDCA	31
FIGURA 2.4 – ESQUEMA DOS ÍNDICES DE PRÁTICA E PERFORMANCE	33
FIGURA 2.5 – EXEMPLO PRÁTICO COM POSICIONAMENTO DE PRÁTICA E PERFORMANCE.....	34
FIGURA 2.6 – GRÁFICO RADAR USADO NO BME	35
FIGURA 2.7 – INDICADORES DE PRÁTICA E PERFORMANCE DA VARIÁVEL PRODUTO	36
FIGURA 2.8 – INDICADORES DE ESTUDO DA DEMANDA.....	38
FIGURA 2.9 – INDICADORES DA VARIÁVEL PRODUTO.....	41
FIGURA 2.10 – INDICADORES DA VARIÁVEL PCP	44
FIGURA 2.11 – INDICADORES DO CHÃO DE FÁBRICA	47
FIGURA 2.12 – MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO	51
FIGURA 2.13 – PASSOS INICIAIS DO MAPEAMENTO <i>LEAN</i>	52
FIGURA 2.14 – EXEMPLO DE MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL	53
FIGURA 2.15 – EXEMPLO DE MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO	54
FIGURA 2.16 – ETAPAS DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR	56
FIGURA 2.17 – MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL	58
FIGURA 2.18 – TEMPOS DE CICLO NO MAPA ATUAL.....	60
FIGURA 2.19 – RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO NUMA MADEIREIRA	61
FIGURA 2.20 – MFV PARA PRODUTOS COM AMPLA GAMA DE PEÇAS	62
FIGURA 3.1 – PROCESSOS DA EMPRESA A, FOCADO NA CONFECÇÃO	65
FIGURA 3.2 – <i>LAYOUT</i> DO PROCESSO DA CONFECÇÃO ATUAL	66
FIGURA 3.3 – INÍCIO DO PROCESSO DA CONFECÇÃO: CORTE E COSTURA LONGITUDINAL.....	67
FIGURA 3.4 – MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL DA EMPRESA A.....	69
FIGURA 3.5 – <i>LAYOUT</i> DA COSTURA AUTOMÁTICA DA CONFECÇÃO: ESTADO FUTURO.....	73
FIGURA 3.6 – MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO DA EMPRESA A.....	75
FIGURA 3.7 – COMPARAÇÃO DO ESTADO ATUAL COM O ESTADO FUTURO DA EMPRESA A.....	77
FIGURA 3.8 – POSIÇÃO GERAL DO SETOR DE CONFECÇÃO DA EMPRESA A	78
FIGURA 3.9 – GRÁFICO RADAR PARA OS INDICADORES PARCIAIS DE PRÁTICA E PERFORMANCE	79
FIGURA 3.10 – RESULTADO DA APLICAÇÃO DOS INDICADORES NA CONFECÇÃO DA EMPRESA A.....	80
FIGURA 3.11 – INDICADORES DA VARIÁVEL DEMANDA APLICADOS NA CONFECÇÃO DA EMPRESA A.....	81
FIGURA 3.12 – INDICADORES DA VARIÁVEL PRODUTO APLICADOS NA CONFECÇÃO DA EMPRESA A	82
FIGURA 3.13 – INDICADORES DA VARIÁVEL PCP APLICADOS NA CONFECÇÃO DA EMPRESA A	83
FIGURA 3.14 – INDICADORES DA VARIÁVEL CHÃO DE FÁBRICA DA EMPRESA A	84
FIGURA 4.1 – SUBPROCESSOS DOS PROCESSOS INSERÇÃO AUTOMÁTICA E MANUAL	88
FIGURA 4.2 – FLUXO DO PROCESSO DA EMPRESA B.....	89
FIGURA 4.3 – POSICIONAMENTO GERAL DA EMPRESA B	90
FIGURA 4.4 – GRÁFICO RADAR DA EMPRESA B.....	91

FIGURA 4.5 – INDICADORES DA APLICAÇÃO DO BME NA EMPRESA B	92
FIGURA 4.6 – INDICADORES DA VARIÁVEL DEMANDA NA EMPRESA B	93
FIGURA 4.7 – INDICADORES DA VARIÁVEL PRODUTO NA EMPRESA B.....	95
FIGURA 4.8 – INDICADORES DA VARIÁVEL PCP NA EMPRESA B	97
FIGURA 4.9 – INDICADORES DA VARIÁVEL CHÃO DE FÁBRICA NA EMPRESA B.....	98
FIGURA 4.10 – MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL DA EMPRESA B.....	102
FIGURA 4.11 – MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO DA EMPRESA B.....	107
FIGURA 5.1 – POSICIONAMENTO GERAL DA EMPRESA C	112
FIGURA 5.2 – GRÁFICO RADAR DA EMPRESA C.....	113
FIGURA 5.3 – INDICADORES DA APLICAÇÃO DO BME NA EMPRESA C	114
FIGURA 5.4 – INDICADORES DA VARIÁVEL DEMANDA NA EMPRESA C	115
FIGURA 5.5 – INDICADORES DA VARIÁVEL PRODUTO NA EMPRESA C.....	116
FIGURA 5.6 – INDICADORES DA VARIÁVEL PCP NA EMPRESA C	118
FIGURA 5.7 – INDICADORES DA VARIÁVEL CHÃO DE FÁBRICA NA EMPRESA C.....	120
FIGURA 5.8 – FAIXA T, PRODUTO ESCOLHIDO PARA A APLICAÇÃO DO MFV	121
FIGURA 5.9 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DO ESTADO ATUAL.....	122
FIGURA 5.10 – MFV DO ESTADO ATUAL PARA A EMPRESA C	124
FIGURA 5.11 – TEMPOS DE CADA ATIVIDADE E O TEMPO DE CICLO	126
FIGURA 5.12 – TRANSPORTE, INSPEÇÃO, PROCESSO E ESTOQUE DA EMPRESA C.....	127
FIGURA 5.13 – FLUXO DO PROCESSO (PROPOSTO).....	130
FIGURA 5.14 – MFV FUTURO PARA A EMPRESA C	131
FIGURA 5.15 – COMPARAÇÃO ENTRE ESTADO ATUAL E FUTURO	133
FIGURA 6.1 – ESQUEMA DOS ESTUDOS DE CASO.....	134
FIGURA 6.2 – RESUMO DA PONTUAÇÃO DO BME NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BGA – Matriz de Bolas (Ball Grid Array)
- BME – Benchmarking Enxuto
- CBS – Can Body Stock (Bobinas de Alumínio)
- CDF – Chão de Fábrica
- DEM – Demanda
- DR – Tempo do Operador
- E - Estoque
- EDI – Electronic Data Interchange (Troca de Dados Eletrônica)
- ERP – Enterprise Resource Planning (Software de Gestão Integrada da Organização)
- JIT – Just in Time
- GIM – Grupo de Investigação da Manufatura Enxuta
- LSSP – Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção
- LT – *Lead Time* (Tempo de Atravessamento)
- ME – Manufatura Enxuta
- MFP – Mecanismo da Função Produção
- MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor
- MIE – Benchmarking Made in Europe
- MIT – Instituto de Tecnologia de Massachusetts
- MRP – Material Requirement Planning (Planejamento das Necessidades de Materiais)
- OCT – Tempo de Máquina
- PCI – Placas de Circuito Impresso
- PCP – Planejamento e Controle de Produção
- PDCA – Plan, Do, Check, Act (Planejar, Fazer, Controlar, Agir)
- PF – Índice de Performance
- PFA – Análise do Fluxo de Produção
- PFMA – Product Family Matrix Analysis (Matriz de Análise para Família de Produtos)
- PMP – Planejamento Mestre da Produção
- PR – Índice de Prática
- PRO – Produto
- PTH – Máquina de Inserção Manual de Componentes
- Rej – Índice de Rejeitos

SM – Supermercado (estoque controlado)

SMD – Máquina de Inserção Automática de Componentes eletrônicos

SMT – Surface Mount Technology (Tecnologia de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos)

STP – Sistema Toyota de Produção

T/C – Tempo de Ciclo

TDT – Tempo Disponível Total

THT – Tecnologia de Inserção Manual de Componentes de Placa de Circuito Impresso

T/T – Takt Time (tempo de ciclo do cliente)

TPM – Manutenção Produtiva Total

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

T/U – Tempo Útil

VALSAT – Value Stream Analysis Tool (Ferramenta de Análise do Fluxo de Valor)

VCC – Variable Capacity Compressor (Compressor de Capacidade Variável)

VOC – Voice of Customer (Voz do Cliente)

VSM – Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor)

WIP – Work in Process (Estoque em Processo)

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Para uma empresa ser competitiva no Brasil, há muitos fatores a serem observados. Entre os fatores que reduzem o grau de competitividade das empresas instaladas no Brasil, pode-se citar o baixo investimento em ciência e tecnologia, a ineficiência das empresas e o chamado Custo Brasil, que englobam problemas relacionados à infra-estrutura – tais como transportes, portos, telecomunicações – e problemas ligados à política fiscal (impostos) e à política monetária (juros entre os mais altos do mundo) (VALLADARES, 2003). O país apresenta um dos maiores índices de custo de produção, proveniente da baixa eficiência e de desperdícios. Na indústria da construção civil, o nível médio de perdas é de 30%. Além disso, enquanto as indústrias brasileiras levam três semanas para entregar seus produtos, as japonesas não levam mais que três dias. As políticas de estoques são importantes para que diversos departamentos trabalhem juntos, com a flexibilidade de se alcançar um acordo entre eles. Gaither e Frazier (2002) complementam que, se estoques são necessários, a questão principal é saber a quantidade de estoque que deve ser mantida.

A essência da filosofia *Lean* é aproveitar ao máximo a capacidade produtiva para criar valor aos clientes, ocupando plenamente os recursos investidos em máquinas, equipamentos, instalações, materiais e pessoas. Inicialmente, deve-se elaborar o mapa do fluxo de valor para uma família de produtos. O projeto do estado futuro e o plano de ação indicarão as melhorias necessárias para fazer o produto fluir, sem esperas e retrabalhos. Assim, a empresa produzirá apenas o suficiente, reduzindo os *lead times* e os níveis de estoques quando necessário. Para viabilizar isso, são necessários: a) esforços para aumentar a disponibilidade das máquinas e de equipamentos mediante manutenção adequada; b) a solução imediata de problemas; e c) a troca rápida de ferramentas para facilitar as mudanças de modelos. Essa redução dos estoques (e dos *lead times*) implicará maior capacidade de resposta e liberará espaço físico antes improdutivo, pois era usado para abrigar estoques em excesso. A melhoria dos níveis de qualidade, com a adoção de práticas da qualidade construída no processo, e a correta utilização do trabalho padronizado e do nivelamento também servirão para liberar capacidade e reduzir custos. Com isso, será possível produzir o dobro do volume original com as mesmas máquinas, equipamentos e pessoas, e ainda com custos menores,

menos área ocupada e melhor qualidade. Há na sociedade e no governo um forte desejo de ampliar os investimentos para fazer crescer a economia, mas devemos ser capazes de enxergar que investir, ampliar e contratar sem as precauções apontadas pode significar simplesmente um “inchaço” das empresas, sem efetivos ganhos de eficiência. Ao utilizar os conceitos *Lean*, as empresas podem adiar ou reduzir os investimentos em um primeiro momento. Com isso, haverá um substancial aumento da produtividade para as empresas e para a economia como um todo, no médio e no longo prazos, o que garantirá uma efetiva retomada do crescimento econômico e aumento do emprego em bases muito mais sólidas e sustentáveis (FERRO, 2008).

O Diário Catarinense (2007) menciona que, para enfrentar uma concorrência cada vez mais acirrada no mercado mundial, as indústrias catarinenses estão implantando a produção enxuta. Ela permite redução de custos de aproximadamente 30% no processo produtivo e inclui na empresa uma cultura de busca constante da eficiência, com foco na geração de valor ao cliente, sem demissões. Entre os exemplos de sucesso citados está a Docol, fabricante de metais sanitários que adota o sistema desde 2005 com a assessoria do Lean Institute e da Whirlpool, uma das pioneiras no país na adoção do Sistema Toyota, multinacional americana, líder em eletrodomésticos da linha branca.

O método de mapeamento produz, no entendimento de Carr et al. (1994) apud ADAIR e MURRAY (1996), um mapa de alto nível, que apresenta as principais atividades ou etapas e sua direção, do início até o fim. Dessa forma, o mapeamento de um processo fornece uma base para a fase do “redesenho” e para a visualização das mudanças, e permite que todos os que participam do processo ou são por ele afetados possam visualizar os principais elementos que o compõem.

Por outro lado, o Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, desenvolveu um método, nomeado como *Benchmarking* Enxuto (BME), focado na ferramenta de *benchmarking*, para diagnóstico do estado atual do sistema produtivo que busca dar suporte à implantação da Manufatura Enxuta a partir de uma análise das práticas e performances de quatro grandes áreas envolvidas com a produção: Demanda, PCP, Produto e Chão de Fábrica.

Em sendo dois métodos voltados, aparentemente, para a mesma questão, a implantação da Manufatura Enxuta a partir de um diagnóstico inicial, dúvidas quanto a possibilidade de duplicação de ações, e de interação e complementação entre os

métodos surgem. É na busca pela resposta a estas questões que o presente trabalho procura situar seus objetivos geral e específicos.

1.2 Objetivos Geral e Específicos

Este trabalho é guiado por um objetivo geral, com seu desdobramento em um conjunto de objetivos específicos, listados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

Analisar os métodos de Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor para sugerir melhorias e integrações entre eles.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) analisar os métodos de Benchmarking Enxuto (BME) e Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para saber os resultados atingidos nos trabalhos de manufatura enxuta;
- b) apresentar a dinâmica de aplicação dos métodos BME e MFV para conhecer a estrutura de ambos os métodos;
- c) aplicar os referidos métodos em três empresas de Santa Catarina para obter resultados práticos referente a ordem de aplicação, ao tipo de processo produtivo, ao tamanho da empresa,
- d) analisar as melhorias obtidas com os métodos BME e MFV e;
- e) propor uma seqüência, um projeto efetivo de aplicação dos métodos BME e MFV que garantam resultados bem sucedidos sob determinado referencial de avaliação.

1.3 Justificativa

A Figura 1.1 relaciona as dez maiores empresas de capital aberto mundiais em 1997. Nesse ano, a Toyota estava posicionada no 9º lugar, com o valor de mercado avaliado em 112 bilhões de dólares (GAITHER; FRAZIER, 2002). Entretanto, conforme a Revista Exame (2007), no primeiro trimestre de 2007, a Toyota ultrapassou a americana General Motors (GM), que há 73 anos ocupava o posto. Passo após passo, a empresa japonesa conseguiu se reinventar nas últimas décadas. Com praticamente o mesmo número de funcionários da GM, a Toyota ganha mais dinheiro e tem um valor de mercado muito superior. Suas ações valiam em março de 2007 o equivalente a 219 bilhões de dólares, cifra 12 vezes superior à da montadora americana.

Posição	Companhia (País de origem)	Valor de Mercado (bilhões dólares)
1	General Electric (Estados Unidos)	214
2	Royal Dutch/Shell (Holanda/Inglaterra)	178
3	Coca-Cola (Estados Unidos)	167
4	Nippon Telegraph & Telephone (Japão)	153
5	Exxon (Estados Unidos)	153
6	Microsoft (Estados Unidos)	151
7	Merck (Estados Unidos)	125
8	Intel (Estados Unidos)	116
9	Toyota Motor (Japão)	112
10	Philip Morris (Estados Unidos)	108

Figura 1.1 – As dez maiores empresas de capital aberto mundiais em 1997

Fonte: Gaither e Frazier (2002)

O sucesso da utilização do Sistema Toyota é devido às inúmeras vantagens que ele proporciona, confirmadas por Ferreira (2004):

- a) **custos** – dados os preços já pagos pelos equipamentos, materiais e mão-de-obra, a Manufatura Enxuta busca que o custo desses fatores seja reduzido ao essencialmente necessário;
- b) **qualidade** – o projeto do sistema evita que os defeitos fluam ao longo do processo, sendo os trabalhadores treinados para identificar os defeitos e encontrar métodos de solucioná-los e de evitá-los;

- c) **flexibilidade** – como há redução nos tempos envolvidos no processo, a flexibilidade ocorre em relação às variações do mix de produtos;
- d) **velocidade** – a flexibilidade, o baixo nível de estoques e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja curto e que o fluxo seja veloz. A prática de diferenciar os produtos na montagem final, a partir de componentes padronizados, permite entregar os produtos com prazos mais curtos; e
- e) **confiabilidade** – a confiabilidade das entregas é aumentada por meio da ênfase na manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores. As regras do *kanban* e o gerenciamento visual permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a confiabilidade.

O Mapeamento do Fluxo de Valor, chamado de “Diagrama de Fluxo de Material e Informação” na Toyota, foi popularizado por Mike Rother e John Shook (2003), e objetiva desenvolver um mapa do estado atual de um produto em uma folha de papel, que mostra o fluxo de material e de informações, para visualizar as perdas e calcular o *lead time* total desse produto. No mapa futuro, há o desenvolvimento do plano de ação, de implementação e de acompanhamento das melhorias. Liker e Meier (2007) destacam que a ferramenta é somente um guia, então não detalha as dificuldades ao longo do caminho.

Assim, o presente trabalho utiliza o MFV consagrado pelo Lean Institute com sua simbologia padrão com os resultados focados na redução do lead time; enquanto que o BME diagnostica estrategicamente pontos da demanda, projeto do produto, PCP e chão de fábrica. Ambos destacam a importância de implementar a Manufatura Enxuta, através da eliminação de desperdícios que transformam-se em reduções de custos e melhorias das empresas perante o mercado. De forma integrada, os métodos se complementam, dando sustento à posição competitiva da unidade de negócios da empresa, tanto nos critérios competitivos qualificadores (custo, qualidade e ético-social), tais como nos critérios ganhadores de pedidos, dentre eles a flexibilidade e o prazo de entrega (rapidez e garantia).

A justificativa real do trabalho é facilitar a aplicação das ferramentas Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor com vistas a obter resultados efetivos. Por que os métodos se integram? Onde se complementam? Qual o foco de cada um? Basicamente, o MFV tem o foco para o processo produtivo, parte de dados de produção e do PCP para estabelecer melhorias direcionadas à redução de lead time e enxergar o que realmente adiciona valor ao processo. Já o BME é uma ferramenta

estratégica direcionado para facilitar a tomada de decisões da alta gerência, formular estratégias combinando desde a demanda, projeto do produto, PCP e chão de fábrica.

1.4 Metodologia Científica Aplicada

Segundo Tellis (1997), existem três tipos distintos de estudo de caso: o exploratório, o explanatório e o descritivo. O presente trabalho utiliza o método descritivo, para que se possa desenvolver uma correlação entre a teoria apresentada e o estudo de caso em uma empresa de manufatura.

Para Yin (2001), um estudo de caso é uma investigação empírica que trata de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto de vida real em que múltiplas fontes de evidência são usadas.

Baseando-se em diferentes fontes de evidências, o estudo de caso permite uma compreensão das singularidades que compõem o fenômeno sob investigação ao estabelecer um lócus para a coleta de evidências válidas e confiáveis (REMENYI et al., 1998).

Decidiu-se empreender um estudo de múltiplos casos, chamado de estudo de caso coletivo por Stake (2000), na busca de um conjunto de evidências que oferecessem recursos para observar coerências e inconsistências no fenômeno estudado.

1.5 Delimitações do Trabalho

Percebendo a velocidade de proliferação de metodologias e a dificuldade de escolha daquelas destinadas ao mapeamento, Kettinger, Teng e Guha (1997) e seus colaboradores da South California University resolveram realizar um estudo de levantamento, classificação e teste de metodologias, técnicas e ferramentas destinadas à realização de uma mudança organizacional mediante processos de negócios. Esse estudo agrupou 25 metodologias, 72 técnicas e um conjunto de 102 ferramentas para aqueles que trabalham com processos. Entre as abordagens de mudança que lidam com

estrutura e processos, destacam-se a Administração da Qualidade Total, a Reengenharia de Processos e a Aprendizagem.

Conforme confirmado por Liker e Meier (2007), neste trabalho alguns dados fornecidos pelas empresas não eram confiáveis. Foi preciso, então, realizar todas as medições e acompanhar os fluxos para os mapeamentos. A dificuldade em decidir quais seriam as empresas selecionadas e o tempo para aplicação dos métodos MFV e BME também foram fatores limitantes. A condição financeira de uma das empresas atrapalhou a implementação mínima de melhorias, mesmo que a filosofia enxuta pregue baixos investimentos. A resistência maior para aceitar as mudanças foi no nível tático (média gerência). Identificar e “contar” os estoques de matéria-prima, intermediário e produto acabado, em alguns casos, foi uma barreira de processo.

Ainda, uma delimitação importante a considerar é o universo prático estudado, visto que as características das três organizações vão influenciar os resultados dessa dissertação.

Quando se começou a enxergar os problemas nos fluxos de valor, houve uma tendência de querer resolvê-los, mas assim nos afastamos da meta primária – criar um sistema de valor enxuto. Da mesma forma, só porque se dedicou tempo para observar os processos e identificar as falhas, isso não quer dizer que se pode esperar que, de uma hora para outra, todos os problemas sejam corrigidos. O ponto aqui é ver o processo como ele é em determinado momento, para entender o que será necessário para melhorá-lo futuramente (LIKER; MEIER, 2007).

Para Geus (1999), Pidd (1998) e Ross (1995), a dificuldade de lidar com o mapeamento é expressar a complexa realidade dos problemas empresariais por meio de um conjunto simples e consistente de símbolos. Dessa forma, uma nova linguagem é utilizada no mapeamento, em que caixas ou estoques são os nomes e refletem um “estado de ser” das coisas, que continuam a existir se toda a ação cessar no processo.

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. Neste capítulo introdutório foram expostos a contextualização do tema referente à importância do Sistema Toyota de Produção e o cenário mundial da economia. Após descritos os

objetivos, na justificativa foi explicado o que motivou a escolha desse sistema de produção para esta pesquisa. Finalizando a introdução, descreveu-se sobre a metodologia científica empregada e as limitações encontradas, apoiadas por autores renomados.

O Capítulo 2 traz o embasamento teórico necessário para a aplicação prática. No grupo referente à Manufatura Enxuta há a conceituação desse sistema, o histórico e as suas vantagens. Os sete tipos de desperdício característicos do sistema foram detalhados. Entre as práticas, na revisão de literatura, descrevem-se as técnicas enxutas, tais como o nivelamento da produção à demanda, a produção puxada, o *kanban*, a produção focalizada através de *layout* celular, a redução de *lead time* e o gerenciamento visual. No grupo de Benchmarking Enxuto é relatado o histórico do método, são descritas as regras de funcionamento, detalhados os indicadores e apresentadas as etapas de preparação, de investigação e de interpretação. Quanto ao Mapeamento do Fluxo de Valor, faz-se a descrição do método utilizado e dos demais métodos pesquisados. A abordagem *Lean* é detalhada e exemplificada com aplicações práticas de outros autores.

Os Capítulos 3, 4 e 5 destinam-se à aplicação dos métodos Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor em três empresas do Estado de Santa Catarina. São comentados os resultados dos 37 indicadores e os desenhos do estado atual e futuro do MFV. Os cálculos das caixas de processo do MFV e os tempos de agregação de valor e *lead time* são detalhados, bem como identificados os desperdícios existentes e sugeridas melhorias em relação ao fluxo de informações e materiais, além de ser apontados os pontos fortes e fracos relacionados à demanda, produto, PCP e Chão de Fábrica. Cada um desses capítulos foi destinado, respectivamente, a tais etapas para as Empresas A, B e C.

O Capítulo 6 destina-se às conclusões e recomendações para trabalhos futuros. Destacam-se pontos de interação entre os métodos MFV e BME e analisam-se as situações em que ambos são seqüenciais ou complementares.

Por fim, seguem-se as referências bibliográficas utilizadas no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Capítulo 2 é destinado à revisão de literatura, ou seja, ao embasamento teórico que dá suporte ao trabalho. Ele se subdivide em três partes: Manufatura Enxuta, Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor. A Figura 2.1 esquematiza os assuntos que serão abordados e suas classificações.

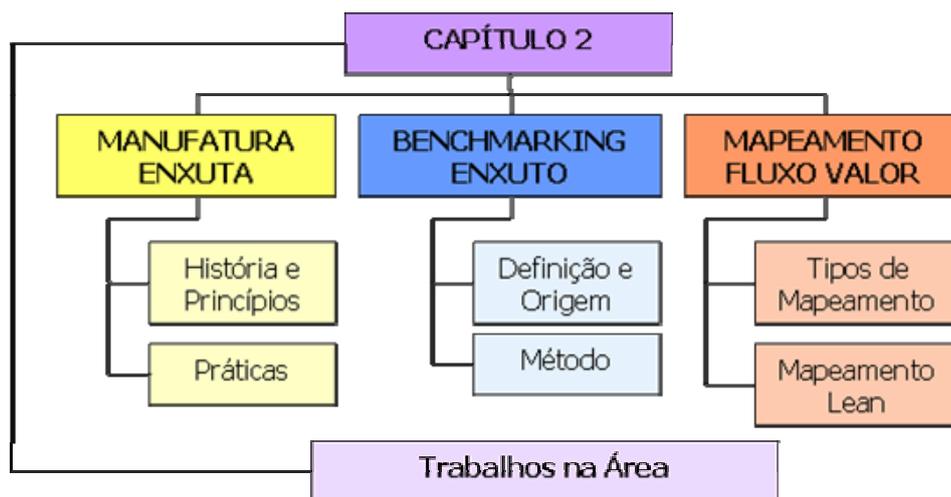


Figura 2.1 – Divisão de assuntos a serem abordados no Capítulo 2

2.1 Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta possui diversos sinônimos, entre eles Fabricação de Classe Universal (SCHONBERGER, 1992), Excelência na Manufatura (HALL, 1988), Fabricação Superior (HARMON, 1991) e Sistema Produtivo de Manufatura Integrada (SPMI) (BLACK, 1998).

A expressão “Manufatura Enxuta” (ME) ou, originalmente, *Lean Manufacturing*, foi cunhada após uma pesquisa de *benchmarking* em empresas para denominar aquelas que, no desempenho de suas atividades, procuravam sempre “fazer cada vez mais com cada vez menos”. Essa pesquisa, realizada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), resultou no livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, de Womack et al. (1992), cuja venda contribuiu para a disseminação do pensamento enxuto. O livro traz um levantamento das ferramentas, princípios e técnicas encontrados nas organizações que vinham apresentando um desempenho notável no mercado mundial, mais

especificamente nas empresas automotivas japonesas. A organização tida como referência neste trabalho, pioneira no uso dessa abordagem e também criadora de grande parte das técnicas foi a Toyota Motors Company, cuja lógica de operacionalização ficou posteriormente conhecida como Sistema Toyota de Produção (STP).

O *lean manufacturing* pode ser considerado um sistema de gestão e operação da produção fundamentado numa filosofia de manufatura própria de racionalização das operações, instrumentado por um conjunto de ferramentas e técnicas que fornecem condições operacionais para suportar tal filosofia (SLACK et al., 2006).

Além da redução de custos, a adoção da Manufatura Enxuta resulta em flexibilidade do sistema para adaptar-se às variações da demanda, no rápido atendimento ao cliente, em decorrência da redução do *lead time*, e também na produção de produtos de qualidade. Uma vez que esses requisitos tornaram-se os critérios conquistadores de clientes, inúmeras organizações vêm buscando a adoção de tal filosofia em seus ambientes produtivos.

2.1.1 Princípios da Manufatura Enxuta

O processo de implantação da Manufatura Enxuta está fundamentalmente voltado para a identificação e a eliminação de desperdícios que, segundo Ohno (1997) e Shingo (1996, 1996), se classificam em sete categorias: desperdício de superprodução, desperdício de espera, desperdício de transporte, desperdício de processamento, desperdício de estoque, desperdício por movimento desnecessário e desperdício por produtos defeituosos.

O desperdício de superprodução está relacionado ao fato de se produzir mais do que a quantidade exigida pelo mercado. Shingo (1996) salienta que há a superprodução quantitativa (fazer mais do que o necessário) e a produção antecipada (fazer o produto antes, o que também significa desperdício em termos de custo de armazenagem). Ferreira (2004) acrescenta que a superprodução geralmente dá a impressão de que todos estão ocupados, trabalhando, e que as atividades fluem normalmente, mas isso é uma ilusão, pois elevados volumes distorcem a verdade e mascaram os problemas que podem vir à tona, especialmente quando os excessos são eliminados. Além disso, devido ao crescimento dos estoques, o capital fica imobilizado antes do tempo, aumentam as

despesas financeiras e há a necessidade de maior espaço, o que exige ampliação das instalações, compra de materiais em dobro, assim como possíveis danos aos produtos armazenados.

O desperdício de espera é a atividade de ter de esperar por determinada peça, o que gera desperdício de tempo. Refere-se tanto à matéria-prima quanto aos produtos semi-acabados, que esperam pelo processo, assim como à acumulação excessiva dos estoques a serem entregues. Segundo Ferreira (2004), as esperas de processo normalmente estão associadas a taxas de defeitos superestimadas, o que causa, por sua vez, a espera do processamento excedente. Devido à antecipação da programação, os estoques intermediários podem ser gerados por desbalanceamentos, para a fabricação de *buffers* para a absorção de quebras e refugos, e como segurança gerencial. Quando operadores e máquinas estão parados, tem-se aí um desperdício por ociosidade, geralmente decorrente de elevados tempos de preparação, de falta de sincronização e de paralisações por falhas não previstas adequadamente.

O desperdício de transporte trata-se de operações de transporte para distâncias maiores do que as necessárias. Taxas e mudanças são perdas que prejudicam as entregas nas datas certas ao cliente. Como o transporte é somente a movimentação de produtos e não agrega valor, deve ser evitado sempre que possível. Simples mudanças no *layout* diminuem a necessidade de transporte.

A atividade de acrescentar ao processo mais “trabalho” ou esforço do que o requerido pelas especificações do cliente também é considerado desperdício, um desperdício de processamento. Com a adoção do fluxo de peças unitárias no processo precedente, os produtos podem ser removidos automaticamente e transferidos em uma única direção ao processo seguinte (SHINGO, 1996).

Há desperdício de estoque, ou de inventário, quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre processos, ou muitas peças são entregues pelos fornecedores, com o intuito de abastecer a fábrica, exigindo capital de giro para a sua manutenção, caracterizado como dinheiro parado.

O desperdício por movimentação desnecessária está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho e à movimentação desnecessária de pessoas. “Tempo não é nada mais que um reflexo do movimento” – com essa frase Shingo (1996) quis dizer que, se uma tarefa leva muito tempo, na verdade alguns movimentos levam muito tempo para ser executados.

Desperdício por produtos defeituosos gera retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda total de material e esforço, além do risco elevado de perder o cliente caso o produto defeituoso chegue até ele. O importante é detectar o problema na raiz para evitar que os defeitos ocorram.

2.1.2 Práticas da Manufatura Enxuta

Ao buscar o melhoramento contínuo, com a eliminação dos desperdícios citados acima, o Sistema Toyota de Produção desenvolveu, ao longo dos anos, um conjunto de técnicas que operacionalizam o conceito de Manufatura Enxuta. Em geral, conforme apresentado na seqüência, nesse conjunto de técnicas enxutas pode-se listar as seguintes: nivelamento da produção à demanda, produção puxada, produção focalizada, polivalência, redução de *lead time* e gerenciamento visual.

a) Nivelamento da Produção à Demanda

Segundo Tubino (1999), nivelar a produção significa programar para a montagem final pequenos lotes em sincronia com o *mix* de produtos demandados pelos clientes, garantindo a rápida resposta às variações de curto prazo das necessidades dos clientes. Assim, permite a flexibilidade do sistema de produção na medida em que, em vez de fabricar grandes lotes de um único produto, produz pequenos lotes de muitas variedades a cada dia, respondendo adequadamente à demanda do mercado, efetivando a pronta entrega de produtos e reduzindo os inventários no processo.

Em uma situação real, um atendimento instantâneo do cliente é praticamente impossível de ser atingido, o que exige das empresas uma adaptação prévia de sua capacidade à previsão de demanda futura. Essa adaptação será mais ou menos eficaz em decorrência de duas variáveis: primeiro, a confiabilidade das previsões de demanda e, segundo, a rapidez com que o sistema tem capacidade de responder aos pedidos.

Normalmente, estoques intermediários funcionam como amortecedores da falta de balanceamento entre a demanda prevista e a real, pois mudanças no curto prazo da demanda em relação ao *mix* e a quantidade não são absorvidas pelo processo rígido (TUBINO, 1999).

Slack et al. (2006) acrescentam outras vantagens atribuídas ao nivelamento da produção à demanda no curto prazo, tais como: redução no nível global de estoques em

processo; manutenção de uma regularidade no ritmo de produção; e facilidade de planejar e controlar cada estágio da produção. Além disso, quando um novo balanceamento da linha se fizer necessário, devido às mudanças de tempo de ciclo, às modificações do *mix* de produtos ou das quantidades demandadas ao longo do mês, as interferências na esfera do planejamento da produção poderão ser efetuadas com menor grau de complexidade.

b) Produção Puxada

Para viabilizar o *Just in Time* (JIT), Ohno (1997) pensou em um sistema produtivo puxado, olhando o fluxo de materiais de forma inversa: um processo final (cliente) direciona-se para um processo inicial (fornecedor) para produzir apenas o componente exigido, na quantidade necessária, no momento necessário. O processo anterior produz, então, exatamente o número de componentes retirados, bastando para isso indicar claramente o que e quanto é preciso. Como destacado por Monden (1984), a estratégia da Manufatura Enxuta é a de manter um fluxo contínuo dos produtos que estão sendo manufaturados através da produção no momento exato, obtendo-se, como resultado, o propósito de aumentar a produtividade e de reduzir custos. Tal fluxo se torna viável pela aplicação do conceito de nivelamento da produção e do sistema puxado de produção via *kanban*.

O *kanban* (termo que significa “cartão” em japonês) não apenas tem a função de fornecer informações sobre tempo e quantidade, mas também molda processos de produção, de forma que facilitem o aperfeiçoamento dela, além dos padrões originais.

Os supermercados existentes nesse sistema são também chamados de *buffers*, pulmões ou estoques intermediários. O princípio básico é o de se repor exatamente o que foi consumido das “prateleiras”, e somente no momento em que o consumo efetivamente existiu. A sinalização ao processo precedente, por cartão, é o que autoriza a produção do item e, assim, requisita a recomposição do supermercado consumido. “O sistema *kanban*, na sua forma de agir, simplifica, em muito, as atividades de curto prazo, desempenhadas pelo PCP, dos sistemas de produção JIT e delega-as aos próprios funcionários do chão de fábrica” (TUBINO, 1999).

Assim como os cartões, os quadros ou painéis porta-*kanbans* são peças fundamentais na comunicação visual do sistema, pois executam a função de sinalização das necessidades de produção e de movimentação. É no quadro que os cartões são lançados quando existe o consumo de um item ou lote de itens. Sendo assim, o quadro

kanban orienta diretamente os operadores em relação ao que deve ser produzido, montado, requisitado ou movimentado. O quadro também possibilita um acompanhamento do nível de estoque atual, e um correto monitoramento fornece valiosas informações para a otimização do sistema produtivo como um todo.

c) Produção Focalizada

A produção focalizada, também conhecida como minifábrica, refere-se à maneira pela qual os equipamentos são dispostos. Detalhando, o *layout* celular é indicado para ambientes com um fluxo de peças bem definido; já as minifábricas são mais indicadas para sistemas produtivos que operam com uma grande variedade de peças (RENTES, 2000).

Womack e Jones (2004) definem uma célula de produção como um conjunto de equipamentos que executam operações diferentes em uma seqüência rígida, a fim de permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível do esforço humano por meio do trabalho polivalente.

As vantagens do layout celular (SHINGO, 1996; MONDEN, 1984; HARMON, 1991) são:

- pedidos de última hora podem ser atendidos rapidamente;
- domínio do processo produtivo;
- estímulo à polivalência;
- redução de custos (perdas, estoques);
- maior visibilidade de problemas;
- melhor aproveitamento do potencial humano;
- maior competitividade da empresa;
- *layouts* abrangentes (S, L e U), necessários porque estão direcionados para o fluxo de pessoas e produtos;
- menor tempo de processo e *setup*;
- menor estoque em processo;
- trabalho mais bem utilizado; e
- flexibilidade, que é a característica-chave (reação à demanda do cliente).

d) Polivalência

Entre os custos dos produtos industrializados, os relativos à mão-de-obra representam um dos percentuais mais relevantes, o que justifica a necessidade de se

preocupar com o uso eficiente dos recursos humanos. Ohno (1997) já havia atentado para esse fato quando defendeu que, do ponto de vista da redução de custo, em uma situação na qual a capacidade de produção dos recursos está acima da capacidade de absorção da demanda, é preferível deixar uma máquina ociosa que um operador ocioso.

Daí se justifica a importância quanto à criação de meios que utilizem a capacidade plena dos colaboradores, de tal modo que estes não apenas executem suas operações rotineiras, mas que possuam autoridade e competência para corrigir falhas, pedir ajuda aos colegas de trabalho e produzir itens de qualidade, haja vista a necessidade de parar o processo quando se identificarem desvios.

Essas habilidades podem ser conquistadas investindo-se no desenvolvimento de operadores multifuncionais ou polivalentes, que, segundo Benevides Filho (1999), são aqueles que, além de executarem suas atividades produtivas, “criam novas formas de executar as atividades básicas da produção e procedem ajustes que a máquina não consegue por si só executar, bem como controlam a qualidade dos produtos e a limpeza de seu ambiente de trabalho”.

Variações no tempo de ciclo, nas rotinas de operações e em muitos casos no conteúdo de trabalho individual, são algumas das mudanças necessárias para adaptar a capacidade da célula à demanda e que exigem a disponibilidade de um operador multifuncional, ou seja, um colaborador treinado e com capacidade de executar qualquer tipo de trabalho em qualquer processo (MONDEN, 1984). A polivalência da mão-de-obra significa uma competência maior por parte dos operadores que passam a dominar diferentes processos.

e) Redução de *Lead time*

Para reduzir o *lead time*, efetuam-se algumas técnicas que auxiliam a diminuir o tempo de fabricação do produto, sempre pensando somente nas atividades que agregam valor. Dessa forma, Sugai e Novaski (2006) definem o tempo de *setup* como o tempo que leva da produção do produto A até o B com qualidade. Assim, ao se trabalhar com *setups* rápidos, por exemplo, é possível reduzir o *lead time* produtivo e proporcionar maior flexibilidade ao sistema, que será então capaz de nivelar a produção com a demanda, com a programação de pequenos lotes. Outras ferramentas incluem a Manutenção Produtiva Total (TPM), a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), já abordada anteriormente, e a redução do tamanho dos lotes. Shingo (2000) desenvolveu um método simples para realizar a TRF, separando as atividades externas (atividades

realizadas com a máquina funcionando) das internas (quando a máquina está parada). A troca rápida permite a redução do tamanho dos lotes e, conseqüentemente, a redução do tamanho dos estoques. Tubino (2007) exemplifica esse conceito por meio de um ciclo, conforme a Figura 2.2.



Figura 2.2 – Ciclo virtuoso do nivelamento do PMP à demanda

Fonte: Tubino (2007)

Há a necessidade de mudança no paradigma da produção em larga escala, para aquele processo que trabalha com pequenos lotes de produtos variados mais nivelados com a demanda. Essa mudança, contudo, aumenta o número de *setups* necessários, que precisam ser revistos, de forma a trazer o lote econômico para valores baixos (TUBINO, 2007).

De acordo com Shingo (2000), as operações de *setup* são separadas em dois tipos: operações de *setup* interno (tempo de preparação interno), que exige que a máquina esteja parada; e operações de *setup* externo (tempo de preparação externo), que pode ser feito com o equipamento em funcionamento. Assim, após a separação clara entre atividades internas e externas, para se chegar à TRF, deve-se buscar a conversão de atividades internas em atividades externas, de forma a racionalizar o processo de *setup*.

A potencial produtividade e flexibilidade, possibilitada pela incorporação das ferramentas da Manufatura Enxuta até aqui citadas, não será efetivada se a harmonia do processo for constantemente quebrada pelo mau funcionamento de máquinas e equipamentos. Deriva-se daí a necessidade de adoção de uma política de manutenção que elimine a variabilidade do processo de produção causada pelo efeito de quebras (SLACK et al., 2006), que na Manufatura Enxuta é denominada de Manutenção Produtiva Total (TPM).

A TPM funciona baseada na manutenção autônoma em que rotinas padrão de limpeza, lubrificação e inspeção, desenvolvidas e aplicadas pelos funcionários, aumentam a eficiência da planta e do equipamento e estimulam a capacidade dos operários em encontrar e resolver problemas (TONDATO, 2004).

f) Gerenciamento Visual

Esse conjunto de métodos ajuda o supervisor a verificar se os operadores estão realmente seguindo as operações padrão, e a gerência pode avaliar a habilidade do supervisor em incrementar melhorias contínuas nas operações (COSTA, 1991).

Ohno (1997) cita um exemplo de *andon* (termo que significa “lâmpada” em japonês): quando as operações estão normais, a luz verde está ligada. Quando um operário deseja ajustar alguma coisa na linha e solicita ajuda, ele acende uma luz amarela. Se uma parada na linha for necessária para corrigir um problema, a luz vermelha é acesa.

Conforme Shingo (1996), o *poka yoke* (termo que significa “à prova de erros”) é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade, ou seja, é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação, antecipando e detectando defeitos potenciais, e evitando que estes cheguem ao cliente (externo ou interno). Geralmente há um sinal sonoro ou luminoso. Ghinato (1996) completa que as opções para aplicação dos sistemas *poka yoke* são ilimitadas e dependem de criatividade e, sobretudo, do conhecimento das relações de causa e efeito presentes no processo.

A automação, conhecida como a automação com o toque humano, consiste em equipar os postos de trabalho com dispositivos que são capazes de identificar erros ou anormalidades e, automaticamente, parar a atividade em determinado posto e avisar ao operador da ocorrência do problema. Isso impede que “unidades defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhem um processo subsequente” (MONDEN, 1984).

2.2 Benchmarking Enxuto

O Benchmarking Enxuto (BME) é um método, focado na ferramenta de *benchmarking*, para diagnóstico do estado atual do sistema produtivo, desenvolvido pelo Laboratório de Simulação de Sistemas de Produção (LSSP) da Universidade Federal de Santa Catarina, que busca dar suporte à implantação da Manufatura Enxuta. Ele é usado nesta dissertação como passo inicial para o mapeamento, ou seja, antes de se elaborar o mapa futuro, é necessário desenvolver o mapa atual e identificar onde estão os pontos fracos de cada empresa, seja no Chão de Fábrica, na Demanda, no Planejamento e Controle da Produção (PCP) ou no Projeto do Produto. Porém, nem sempre o BME é utilizado antes do MFV. Veremos aqui que a ordem de aplicação dos métodos pode variar, dependendo da estrutura e da cultura de cada empresa. Pode ser que em alguns casos ele seja aplicado em paralelo para os dados do diagnóstico se complementarem ou então, aplicar-se o BME após o MFV como forma de medir o patamar que a empresa encontra-se.

O interesse pelo potencial do benchmarking como modelo de identificação de oportunidades de aumento da competitividade de uma empresa data do final da década de 1970 e tem como marco o estudo realizado pela Xerox Corporation, que buscou nessa época conhecer as práticas empresariais japonesas.

Enquanto *benchmark* é definido como sendo o padrão de referência, o termo "*benchmarking*" representa o processo de comparação. O sucesso do benchmarking como modelo para alcançar uma vantagem competitiva depende da capacidade da empresa de adaptar criativamente as melhores práticas existentes no mercado, em vez de copiá-las cegamente (CAMP, 1997).

O método é baseado *no Benchmarking Made in Europe* (MIE), que surgiu da discussão de como a Europa estaria posicionada em relação ao padrão denominado classe mundial, em aspectos como custo, qualidade, flexibilidade e atendimento ao cliente. Em 1993, a London Business School lançou, em cooperação com um grupo de consultoria da IBM, uma iniciativa para realizar o MIE como um programa para medir o nível de práticas classe mundial e performance operacionais resultantes da adoção dessas práticas em empresas industriais européias (SEIBEL, 2004).

O questionário é a ferramenta principal utilizada no método MIE para coletar informações nas empresas. Ele avalia a empresa por meio de quarenta e oito questões

de práticas e performance, distribuídas em subseções. O questionário do MIE trabalha com um sistema de pontuação que varia de 1 a 5 e descreve três situações correspondentes às práticas implantadas e performance obtidas, representando as notas 1 (nível básico de práticas ou performance), 3 (nível intermediário) e 5 (nível de excelência).

A aplicação do método BME de diagnóstico proposto, diferentemente do método MIE, é feita de forma individualizada por etapa produtiva, gerando informações que subsidiam um planejamento tanto em âmbito global de toda a organização, como setorial, entrando na etapa de planejamento (P) do ciclo PDCA (planejar, fazer, controlar e agir). A Figura 2.3 ilustra o contexto macro de implantação contínua da ME, no qual o método de diagnóstico BME está inserido.

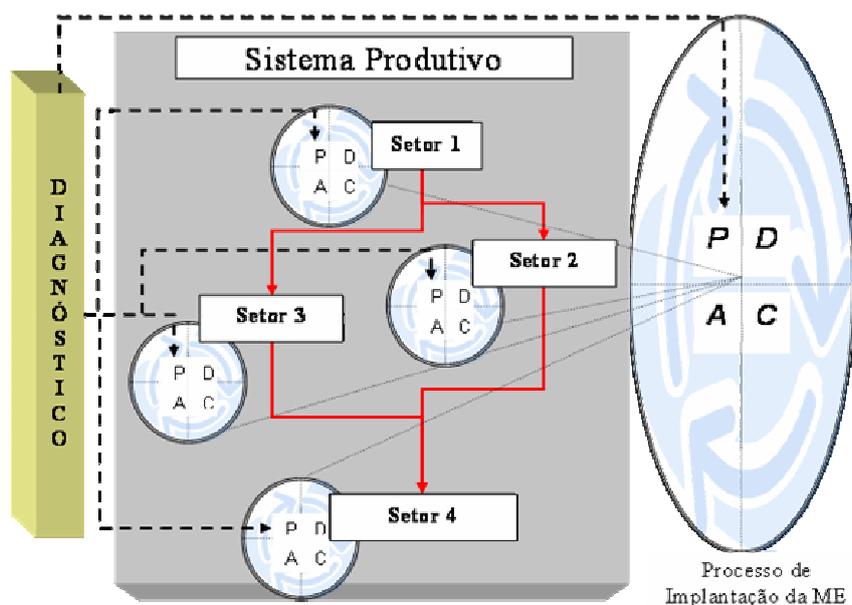


Figura 2.3 – Visão macro do método BME com o ciclo PDCA

Fonte: Andrade (2007)

Em casos de a empresa apresentar uma estrutura verticalizada, o método de diagnóstico BME deve ser aplicado separadamente a cada uma dessas etapas. Nesse sentido, é importante ressaltar que os indicadores propostos na ferramenta de coleta de dados, além da classificação entre prática e performance, podem ser classificados como indicadores gerais, que dizem respeito a toda a empresa, e indicadores específicos, que dizem respeito diretamente à etapa produtiva avaliada.

O método BME desenvolvido na tese de Andrade (2007) está estruturado em três etapas distintas: uma etapa inicial de preparação, em que se criam as condições básicas para se iniciar o trabalho; uma etapa de investigação, em que são medidos 37 indicadores; e uma etapa de interpretação, em que há o tratamento dos dados e a discussão dos resultados alcançados, que, por sua vez, são usados como ponto de partida para o planejamento do processo de implantação da ME na empresa.

a) Etapa 1: Preparação

Objetiva estabelecer todas as condições necessárias, em termos de formação do time de trabalho e treinamento do grupo na ferramenta de coleta, para que se possa aplicar o método de diagnóstico proposto.

O time de trabalho deve ser composto de um grupo multidisciplinar, com pessoas das diferentes áreas que interagem com a manufatura da etapa produtiva avaliada, dentro do conceito de fornecedor/cliente aplicado na ME. Tais pessoas farão parte do Grupo de Investigação da Manufatura (GIM), que deve estar sob a responsabilidade de um líder.

O líder deve estar ligado diretamente à gestão da manufatura e ter uma boa visão interdepartamental, assim como outras características desejáveis para exercer a liderança do grupo, tais como organização, competência técnica, visão ampla do processo produtivo e capacidade analítica, além de inspirar confiança e saber cativar e motivar o grupo.

b) Etapa 2: Investigação

O objetivo desta etapa é proceder à medição dos 37 indicadores relacionados às variáveis de pesquisa propostas no método, ou seja, ao estudo da Demanda, do Produto, do planejamento e controle da produção (PCP) e do Chão de Fábrica, pela aplicação do questionário. De acordo com o formato adotado para o método, os indicadores a serem medidos estão divididos em indicadores de prática gerenciais e operacionais, e indicadores de performance obtidas pelas aplicações dessas práticas. Os indicadores podem ser de prática ou de performance, geral ou específico.

Uma vez apuradas as notas de desempenho para cada um dos indicadores das quatro variáveis de pesquisa propostas, passa-se para a consolidação dos resultados. Inicialmente, como mostrado na Figura 2.4, os indicadores são resumidos em um índice parcial de prática (PR) e em um índice parcial de performance (PF) para cada uma das

variáveis de pesquisa. Os valores parciais são obtidos pelo uso da média simples, com base no percentual individual dos indicadores.



Figura 2.4 – Esquema dos índices de prática e performance

Fonte: Andrade (2007)

A partir do cálculo dos índices parciais de prática e performance levantados para cada uma das quatro variáveis de pesquisa, tem-se a consolidação deles em dois índices finais, um de prática e outro de performance, que virão a representar o estado atual de desenvolvimento do sistema produtivo diagnosticado em relação ao gerenciamento da ME. A consolidação dos resultados parciais no resultado final dá-se também pela média simples, com base no percentual dos valores parciais medidos.

c) Etapa 3: Interpretação

O objetivo desta etapa final do método proposto é o de apresentar os resultados dos índices coletados, para cada uma das etapas produtivas presentes na empresa, de forma gráfica, como subsídio para a discussão em relação à adoção das práticas implantadas e das performance obtidas no processo de busca da ME. Para tanto, são usados três tipos básicos de gráficos: o de práticas *versus* performance, o gráfico do tipo radar e o de barras.

O gráfico práticas *versus* performance, ilustrado na Figura 2.5, posiciona a etapa em estudo de acordo com os índices finais obtidos durante a consolidação dos resultados parciais. O eixo das abscissas representa o índice final de práticas instaladas na empresa, e o eixo das ordenadas representa o índice final de performance obtido. A escala varia de 0% a 100% em ambos os eixos. A posição de uma empresa é definida

pelos índices finais de práticas e performance calculados a partir da consolidação dos valores parciais, por sua vez obtidos pelas respostas às questões dos indicadores propostos para cada uma das variáveis de pesquisa. Na Figura 2.5 a etapa avaliada está com 35% de práticas e 67% de performance.

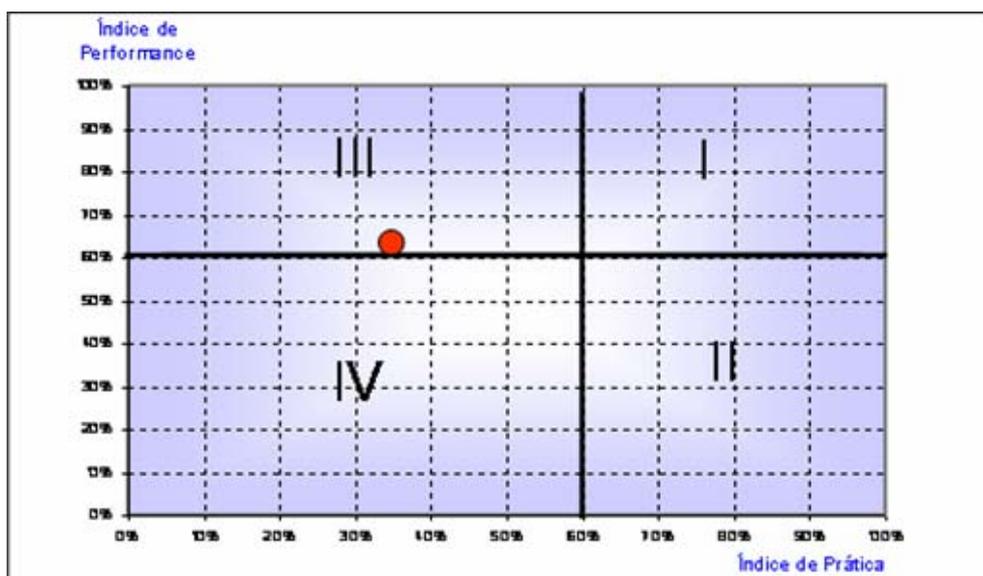


Figura 2.5 – Exemplo prático com posicionamento de prática e performance

Fonte: Andrade (2007)

A área do gráfico é dividida em quatro quadrantes principais, usando-se o valor de 60% tanto no eixo das abscissas como no eixo das ordenadas para delimitar os quadrantes. Etapas produtivas posicionadas no quadrante I, ou seja, com alto índice de práticas e alto índice de performance, apresentam as melhores condições para que os conceitos da ME sejam implementados, ou ampliados, com sucesso. Etapas produtivas posicionadas no quadrante II, ou seja, com alto índice de práticas e baixo índice de performance, são de empresas que apresentam boas condições para a implementação da ME, pois já têm práticas em andamento. No entanto, as performance ainda não correspondem ao nível de práticas implementado.

As etapas produtivas posicionadas no quadrante III, ou seja, que apresentam baixos índices de práticas e altos índices de performance, apresentam uma situação na qual há um bom desempenho no que se refere aos processos, provavelmente decorrentes de extremo esforço interno. Por fim, etapas produtivas posicionadas no quadrante IV, ou seja, que apresentam baixos índices tanto de práticas como de

performance, apresentam situação desfavorável para a implementação da ME. Provavelmente ainda não têm uma estrutura organizacional e física suficiente que suporte um processo de mudança no sentido de buscar um sistema produtivo mais enxuto e eficiente. Os riscos de mortalidade dessas empresas são elevados, uma vez que a dinâmica de mercado não permite tamanha ineficiência produtiva.

O segundo gráfico utilizado no diagnóstico é o do tipo radar. O gráfico radar, ilustrado na Figura 2.6, posiciona a etapa produtiva em relação aos padrões de excelência propostos nesse método para a ME, em termos de práticas e performance em cada uma das quatro variáveis de pesquisa estudadas. Cada eixo tem uma escala de 0% a 100%, e a posição da etapa produtiva é definida nessa escala por um ponto. Dessa forma, um total de oito pontos dispostos em círculo, que são unidos por linhas, formam um polígono fechado. O padrão de excelência proposto é representado pelo círculo externo do gráfico, ou seja, 100% em todos os indicadores de práticas e performance estudados. Tem-se o valor de 60% como um marco de desempenho mínimo necessário que viabiliza a utilização de ferramentas e conceitos da ME no ambiente empresarial. Como se pode ver na Figura 2.6, a etapa produtiva ilustrada está deficiente em relação a performance da Demanda e do Produto e às práticas do PCP.

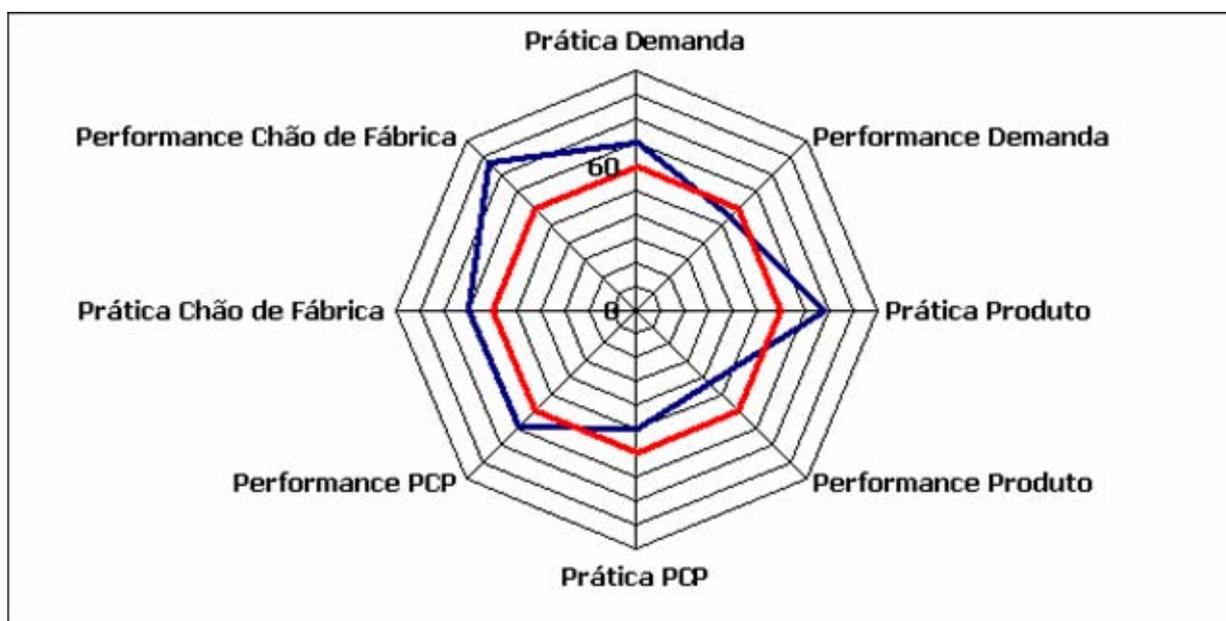


Figura 2.6 – Gráfico Radar usado no BME

Fonte: Andrade (2007)

Uma vez identificados quais são os pontos fracos de cada uma das etapas produtivas, faz-se uso do gráfico de barras para facilitar o processo de investigação causal de quais são os pontos mais críticos relacionados à variável deficiente nas diferentes etapas produtivas da empresa. Por exemplo, na Figura 2.7 é mostrado o desempenho individual de cada um dos indicadores de práticas e performance medidos na variável Produto.

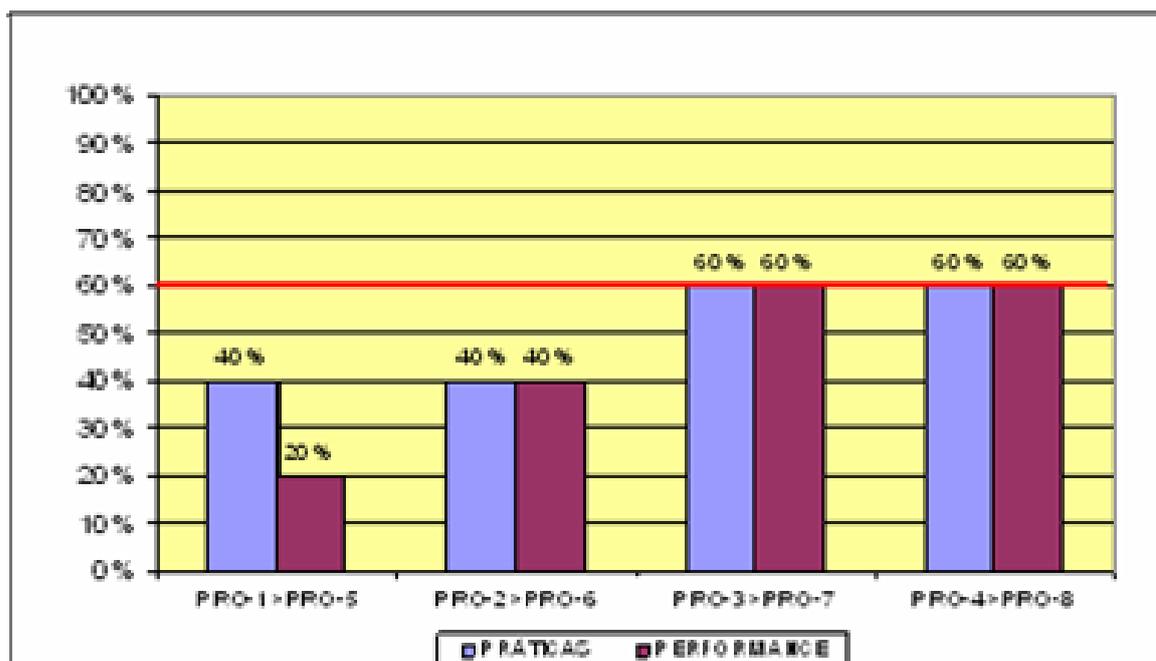


Figura 2.7 – Indicadores de prática e performance da variável Produto

Fonte: Andrade (2007)

No gráfico de barras os indicadores de práticas e performance são apresentados em conjunto, respeitando-se a relação de causa e efeito existente entre eles. Por exemplo, o indicador de prática da engenharia simultânea (PRO-1) é apresentado juntamente com a performance do índice percentual de defeitos internos (PRO-5) justamente porque o desempenho do primeiro tem forte impacto no segundo.

Esse material gerado é reunido em um documento e apresentado para o GIM com a intenção de formatar um diagnóstico da etapa analisada. A discussão dos resultados alcançados finaliza esta última etapa do método de diagnóstico.

Em resumo, após a aplicação do método BME, que se compõem de três etapas – preparação, investigação e interpretação –, os setores que apresentarem índices

inferiores a 60% merecerão atenção especial em relação à implementação de técnicas da Manufatura Enxuta e melhorias.

2.2.2 Variáveis de pesquisa do método Benchmarking Enxuto

Como apresentado, no desenvolvimento do método BME as variáveis de pesquisa que compõem a ferramenta de diagnóstico foram separadas em quatro grupos de interesses para a ME: Demanda, Produto, PCP e Chão de Fábrica.

a) Variável Demanda

O estudo do comportamento da variável de pesquisa Demanda, tanto nas práticas como nas performance, é uma informação fundamental para se proceder ao diagnóstico a respeito do quanto de uma gestão da produção voltada para a ME é possível de ser implantado nesta etapa da empresa. Como forma de investigar o grau de desenvolvimento do sistema produtivo em relação ao tratamento das informações de demanda na empresa, são propostos os indicadores de práticas e indicadores de performance apresentados na Figura 2.8.

Detalhando cada indicador, são descritas as questões analisadas e a pontuação máxima (nota 5) de cada um.

DEM 1 – Quais ferramentas ou modelos de previsão são utilizados? Quão estruturado é o modelo? Existe software de apoio integrado ao ERP da empresa? A pontuação máxima ocorre quando a empresa tem e usa modelo formal, com software de apoio de previsão de demanda para todos os itens vendidos.

DEM 2 – Realiza-se ABC para classificar por representatividade, em termos de volume e frequência. Itens com concentração e frequência de demanda podem ser gerenciados por um sistema puxado de produção. A nota 5 aplica-se quando a empresa tem e usa sempre um modelo formal, com software de apoio, de gestão ABC da demanda.

Indicadores - Estudo da Demanda			
Práticas		Descrição	Tipo
DEM1	Modelo de Previsão da Demanda	Avaliar se existe uma estrutura para realizar a previsão da demanda	Geral
DEM2	Gestão ABC da Demanda	Avaliar se existe uma classificação dos itens segundo volume e frequência de vendas	Específico
DEM3	Análise de Mercado	Avaliar quão próximo ou distante do mercado o sistema produtivo se encontra	Geral
Performance		Descrição	Tipo
DEM4	Confiabilidade da Previsão	Medir a acuracidade dos métodos de previsão adotados pela empresa	Geral
DEM5	Grau de Concentração	Medir o grau de concentração de demanda dos itens	Específico
DEM6	Grau de Frequência	Medir qual o grau de frequência em que os itens são produzidos	Específico
DEM7	Grau de Demanda Confirmada	Medir qual o grau de demanda confirmada para realizar a programação	Geral
DEM8	Capacidade de Resposta à Demanda	Medir a capacidade de atendimento dos pedidos no prazo acordado	Geral

Figura 2.8 – Indicadores de estudo da Demanda

Fonte: Andrade (2007)

DEM 3 – Avalia o quão próximo ou distante do mercado o sistema produtivo se encontra. Assim, o grau máximo é se a empresa tem e usa modelo formal, com software e técnicas de apoio, que crie um canal de comunicação com seus principais clientes.

DEM 4 – Questiona o quão eficiente é o sistema de previsão de demanda, formal ou não. É medido pelo erro médio, comparando-se os valores previstos com os efetivos. Se a empresa tem erro médio abaixo de 10% da demanda, ela está no patamar ideal.

DEM 5 – Mede qual o nível de concentração da demanda dos artigos produzidos, tendo nos itens de classe A, alto volume e alta frequência. Nota 5 se a empresa tem em 10% dos itens mais de 50% da demanda.

DEM 6 – Um elevado grau de freqüência dos itens garante uma maior rotatividade dos estoques formados. Pontua-se com 5 se a empresa tem mais de 50% dos itens com freqüência de produção mensal.

DEM 7 – A confirmação da demanda com promessa de entrega acima dos *lead times* produtivos dará ao sistema de PCP a oportunidade de planejar a produção *just-in-time*, ou seja, produzir apenas de acordo com a demanda. Nesse aspecto, um dos pontos importantes, a ser investigado, é quanto de demanda confirmada o PCP possui antes de disparar as ordens de produção. A pontuação é 5 se a empresa tem mais de 50% da demanda confirmada antes de disparar a produção.

DEM 8 – Este indicador complementa o indicador anterior no sentido de verificar se o sistema produtivo pode responder de forma organizada às solicitações dos clientes. Com a avaliação desse indicador, pretende-se verificar se os prazos de entrega propostos pelo comercial da empresa, tanto para os pedidos confirmados como para as previsões colocadas, são condizentes com a capacidade de resposta do sistema produtivo para cumprir ou mesmo antecipar os artigos solicitados. Se o PCP da empresa tem acesso à informação de previsão de demanda, ou a demanda confirmada, com antecedência superior ao prazo de entrega prometido, recebe a pontuação máxima.

b) Variável Produto

Os novos produtos resultantes do processo de desenvolvimento têm fortes impactos no desempenho do processo produtivo, dado que as características dos produtos refletem na fabricabilidade deles. Martins e Laugeni (2006) relatam estudos feitos demonstrando que a maioria – até 80% – dos problemas de qualidade decorre do projeto do produto, e não dos processos produtivos. Projetar produtos destinados a facilitar a manufatura vai ao encontro da linha de pensamento “fazer mais com menos”, que guia os objetivos da ME. O projeto enxuto busca simultaneamente atender à demanda de variedade sem, no entanto, gerar uma ampliação desmedida do número de diferentes insumos que compõem os produtos finais, que deve ser fruto da aplicação do conceito de Engenharia Simultânea. Como forma de investigar o grau de desenvolvimento do sistema produtivo, em relação às práticas e performance alcançadas dentro do processo de projeto do produto, são propostos os seguintes indicadores de prática e indicadores de performance, resumidos na Figura 2.9.

Detalhando a Figura 2.9, descreve-se a seguir cada indicador da variável produto e quando utilizar a pontuação máxima.

PRO 1 – Avalia o quanto a empresa pratica de engenharia simultânea, ou seja, em relação ao processo de projeto, e se a estrutura de comunicação instalada suporta o desenvolvimento em conjunto de um novo projeto que vislumbre simultaneamente os aspectos particulares de cada setor ou função envolvida. Receberá nota 5 a empresa que tem um processo multifuncional de desenvolvimento de novos produtos, suportado por uma estrutura de comunicação eficaz, a qual envolve formalmente fornecedores e clientes finais.

PRO 2 – O objetivo deste indicador é averiguar se no processo de projeto de produto da empresa existe a prática de definição de parâmetros limitadores, tais como número máximo de componentes por produto ou amplitude da paleta das cores usadas. A idéia é verificar se a empresa consegue impor limites ao processo de criação a fim de evitar um lançamento excessivo de novos itens, de forma desnecessária, sem, no entanto, afetar a percepção de valor dos produtos por parte dos clientes finais. Se a empresa, durante o processo de desenvolvimento de novos produtos, utiliza sistematicamente a aplicação de parâmetros de projeto, então merece nota máxima.

PRO 3 – Este indicador visa medir a existência de uma dinâmica de projeto de produto predefinida, de forma a ser executada de maneira planejada e organizada em um calendário de ações voltadas para o desenvolvimento de produtos. O início e o fim de produção dos produtos desenvolvidos serão organizados apenas se existir uma coordenação de datas entre a engenharia e a produção dos itens. Durante a avaliação deste indicador não é considerado o projeto de produto de pedidos especiais, pontuais e não previstos. A pontuação é 5 quando a empresa possui um calendário predefinido para o desenvolvimento de todos os novos produtos do portfólio.

PRO 4 – Para se chegar a uma ME administrada de forma eficiente, é importante que o projeto de produtos especiais, com especificações normalmente fixadas pelo cliente, seja desenvolvido em parceria com a fábrica, dentro dos parâmetros negociados para projetos de produtos, e não simplesmente imposto pelo mercado. Então, quando a empresa aceita somente pedidos especiais, se eles forem parametrizados de acordo com o projeto das famílias, ela está no melhor caminho.

Indicadores - Estudo do Produto			
Práticas		Descrição	Tipo
PRO1	Engenharia Simultânea	Avaliar o quanto a empresa pratica os conceitos da Engenharia Simultânea	Geral
PRO2	Parametrização de Projeto	Avaliar se existem parâmetros limitadores para o desenvolvimento de produtos	Geral
PRO3	Calendário de Desenvolvimento	Avaliar se existe um planejamento e organização no processo de desenvolvimento de produtos	Geral
PRO4	Negociação de Pedidos Especiais	Avaliar se a empresa adota políticas de aceitação de pedidos especiais que não prejudiquem o fluxo de produção	Geral
Performance		Descrição	Tipo
PRO5	Percentual de Defeitos Internos	Medir o percentual de defeitos, normalmente originados do projeto de produto	Específico
PRO6	Grau de Variedade	Medir o grau de variedade e de itens existentes no portfólio da empresa	Geral
PRO7	Ciclo de Vida	Medir a relação entre o ciclo de vida e o <i>lead time</i> produtivo dos itens	Geral
PRO8	Percentual de Sobra	Medir a sobra de produtos em estoque ao final do ciclo de vida do produto	Geral

Figura 2.9 – Indicadores da variável Produto

Fonte: Andrade (2007)

PRO 5 – Peças com defeito dizem respeito aos artigos produzidos que não apresentam o grau de conformidade mínimo de acordo com os parâmetros de produto estabelecidos. A origem desses defeitos decorre da não-aplicação correta da Engenharia Simultânea no projeto dos produtos e faz com que estes, quando colocados em produção, não atinjam os níveis especificados no projeto. O planejamento e a organização da produção para a ME exigem que o programado seja atendido, caso contrário os níveis de estoque de segurança crescerão, dado o princípio de garantir 100% de atendimento da demanda dos clientes (internos ou externos). Este indicador deve ser medido em termos do número de defeitos por milhão de peças produzidas. A pontuação é 5 se a empresa apresenta menos de 0,01% de defeitos, ou seja, menos de 100 peças com defeito por milhão de peças produzidas, em média.

PRO 6 – Está relacionado ao fato de que a empresa que possuir uma menor variedade de itens terá mais facilidade em planejar e programar seus recursos produtivos e o potencial de implantar a Manufatura Enxuta. Assim, no cálculo desse indicador, há o índice que significa a relação entre o número máximo de diferentes

possibilidades de produto, fruto das inúmeras combinações possíveis de diferentes materiais e estruturas disponíveis, e a real variedade de produtos adotada, expresso pela fórmula: Grau de Variedade (GV) = Variedade Real ÷ Variedade Máxima. Por sua vez, o número máximo de diferentes produtos (variedade máxima) poderá ser obtido com a fórmula: Variedade máxima = número de malhas x número de cores. Assim, se na coleção o índice GV for menor que 0, a empresa pontua no grau mais elevado.

PRO 7 – Para a ME importa quantas vezes dentro do tempo de permanência do produto no portfólio ele será programado, ou seja, a relação entre ciclo de vida e sua frequência de produção. Por exemplo, uma malha que fique em coleção durante quatro meses e é produzida em rolos de 30 kg a cada duas horas em teares circulares, programados semanalmente, tem estabilidade suficiente para ser administrada dentro dos conceitos da Manufatura Enxuta. Logo, o ciclo de vida dos produtos deve ser uma medida relativa entre a vigência de uma coleção e o ciclo de programação dela. Para a avaliação deste indicador devem ser considerados somente produtos de grande volume, ou seja, os 20 produtos acabados mais vendidos. Se a relação entre o tempo de vida de uma coleção e o ciclo de programação for maior que 10, a nota recebida é igual a 5.

PRO 8 – Avaliar o percentual de sobra de itens em estoques ao final da duração de cada família no portfólio é um bom indicador de eficiência no projeto delas, que impacta na dinâmica de planejamento e programação da produção na Manufatura Enxuta, visto que esta exige que haja um consistente giro dos estoques planejados. Dessa forma, a nota será 5 se o percentual “sobra de itens ao final da permanência do produto no portfólio” for inferior a 1% do que foi produzido na família de produtos num determinado tempo.

c) Variável Planejamento e Controle da Produção

Já as práticas de se planejar, programar e controlar a produção de uma empresa têm por objetivo fornecer as condições necessárias de suporte no processo de tomada de decisão do que, quanto, quando, onde e como se produzir e/ou comprar os insumos e produtos processados pelo sistema produtivo. Na ME a qualidade, o custo final, a flexibilidade e o desempenho de entrega dos produtos oferecidos no mercado são influenciados positivamente por uma gestão consistente em termos de planejamento, programação e controle da produção (TUBINO, 2007).

Como forma de investigar o grau de desenvolvimento do sistema produtivo em relação às práticas de PCP que devem estar instaladas na empresa e as performance

referentes a uma dinâmica de planejamento, programação e controle da produção bem estruturada, são propostos na ferramenta os indicadores de prática e os indicadores de performance resumidos na Figura 2.10.

Especificando cada um dos indicadores, são mostradas as questões avaliadas, bem como a pontuação máxima de cada um.

PCP 1 – É a existência do Plano Mestre de Produção (PMP), que dá partida a todas as outras atividades de planejamento e programação, sendo sua existência essencial para a dinâmica do PCP. A avaliação será máxima quando a empresa tem e usa semanalmente um sistema, com software de apoio integrado a um sistema corporativo (ERP), para o Planejamento-Mestre da Produção.

PCP 2 – Este indicador tem por objetivo avaliar se o PCP da empresa tem um sistema de MRP e se este permite um rápido cálculo da necessidade líquida dos itens que compõem os produtos da empresa. Um sistema de MRP que funciona adequadamente é um requisito não somente para a programação empurrada com base nas necessidades por ele geradas, como também para a programação puxada via *kanban*, que é utilizada nas previsões de demanda dos itens dependentes explodidos via MRP. Quando a empresa tem e usa semanalmente um sistema de MRP, integrado a um sistema corporativo (ERP), que considere todos os níveis da árvore do produto, desde os componentes de primeiro nível até a matéria-prima, para o Planejamento-Mestre da Produção recebe nota 5.

PCP 3 – Como ferramenta de PCP, a análise da capacidade de produção da empresa em atender aos programas emitidos deve ser realizada em dois momentos: quando da montagem do PMP no planejamento, a fim de evitar a formação de gargalos futuros, e quando da programação de ordens em curto prazo, para evitar a liberação de ordens, sem chances de passar pelos recursos de forma organizada. Hoje, o conceito de capacidade finita para programação de curto prazo deve estar embutido em qualquer sistema de liberação de ordens; são os chamados Sistemas de Programação Avançada (APS) com capacidade finita. A pontuação mais elevada aplica-se quando a empresa possui um sistema de planejamento de capacidade ligado ao PMP e um sistema APS com capacidade finita integrado com o sistema de programação da produção.

Indicadores - Estudo do PCP			
Práticas		Descrição	Tipo
PCP1	Planejamento-mestre da Produção	Analisar se a empresa dispõe de um sistema formal de planejamento de médio prazo	Geral
PCP2	Cálculo das Necessidades de Materiais	Avaliar se o PCP da empresa tem um sistema de MRP e se este permite um rápido cálculo da necessidade líquida	Geral
PCP3	Análise da Capacidade de Produção	Avaliar se a empresa tem ferramenta de análise de capacidade para adequar seu planejamento	Específico
PCP4	PCP Setorial	Avaliar se a empresa possui um setor de PCP ágil e adequado para tomadas de decisão	Geral
PCP5	Sistema Integrado de Programação	Avaliar se o sistema de PCP está estruturado para gerenciar um fluxo produtivo híbrido, com demandas que são atendidas segundo um sistema puxado e outras que são atendidas segundo um fluxo empurrado de produção	Geral
Performance		Descrição	Tipo
PCP6	Ciclo de Planejamento e Programação	Avaliar qual é a frequência com que se dão os ciclos de planejamento e programação da produção adotados no PCP	Geral
PCP7	Percentual de Pontualidade	Comparar o prazo de entrega previsto e o <i>lead time</i> total da ordem de produção	Específico
PCP8	Percentual de Agregação de Valor	Medir em quanto tempo de <i>lead time</i> , em média, os produtos estão realmente agregando valor	Específico
PCP9	Giro de Estoques	Medir qual a rotatividade dos estoques no sistema produtivo	Específico
PCP10	Percentual de Horas Extras	Medir o percentual de horas extras não planejadas que foram necessárias para se fazer cumprir o programa mensal proposto	Específico

Figura 2.10 – Indicadores da variável PCP

Fonte: Andrade (2007)

PCP 4 – Este indicador pretende medir qual o nível de descentralização das decisões de planejamento, programação e controle da produção. Tomadas de decisão localizadas de forma setorial permitem uma melhor aplicação e acompanhamento dos recursos produtivos do setor em curtíssimo prazo, além de facilitar o processo de implantação de novas práticas relacionadas à gestão da manufatura. Atribui-se nota 5

se a empresa possui uma base de apoio do PCP central dentro dos setores específicos, interligados por um canal de comunicação pleno, por onde circula um fluxo de informação comum a todos.

PCP 5 – Este indicador tem por objetivo investigar se o sistema de planejamento, programação e controle da produção está estruturado para gerenciar um fluxo produtivo híbrido, com demandas que são atendidas segundo um sistema puxado de produção e com demandas que são atendidas segundo um fluxo empurrado de produção. Assim, se a empresa possui um único sistema integrado de PCP para gerenciar simultaneamente os fluxos empurrados e puxados, sua pontuação é 5.

PCP 6 – O que se pretende avaliar com este indicador é a frequência com que se dão os ciclos de planejamento e programação da produção, ou seja, quais os intervalos de tempo – dias, semanas ou meses – adotados no PCP. A definição dessa frequência está diretamente relacionada com a velocidade de fabricação dos itens e da possibilidade prática de alteração dos planos de produção. Atribui-se nota 5 se a empresa tem um ciclo de planejamento de programação da produção com frequência semanal ou inferior.

PCP 7 – A comparação entre o prazo de entrega previsto e o *lead time* total da ordem de produção configura a pontualidade das programações como indicador de performance. Este indicador deve ser medido por monitoramento referente ao percentual das ordens emitidas no período que chegam dentro do prazo estabelecido inicialmente. As datas renegociadas, fruto de eventuais replanejamentos da produção, não devem ser usadas como referencial para o cálculo desse índice de pontualidade. Se a empresa tem atendimento de mais de 90% das ordens dentro do prazo inicial estipulado, a nota atingida é a máxima.

PCP 8 – O indicador será medido comparando-se o *lead time* total no setor, desde a programação da ordem até que o item esteja disponível para consumo pelo cliente interno, e o tempo real de processamento do material no setor. Portanto, nota 5 quando a empresa tem um *lead time* produtivo médio do setor até três vezes o tempo de processamento médio no setor.

PCP 9 – Sistemas enxutos devem trabalhar quase sem estoque, ou seja, a rotatividade deve ser tal que praticamente um item em produção fica a maior parte do tempo em movimento ou sendo processado. Para apurar esse índice, devem-se medir, por exemplo, quantas vezes o estoque de fios, de tecidos ou malhas cruas e de

produtos acabados gira em média em relação à demanda mensal por fios, por tecidos ou malhas cruas e por produtos acabados. Caso a empresa tenha todos esses níveis de estoques, deve-se avaliar a média deles. Considera-se nível 5 se a empresa tem estoques com giro médio semanal, ou seja, rodam quatro vezes por mês.

PCP 10 – Este indicador pretende medir o percentual de horas extras, não planejadas, que foram necessárias para se fazer cumprir o programa mensal de produção proposto. Então, se a empresa utiliza em média menos que 5% de horas extras não planejadas para cumprir os prazos de entrega previstos, pontua no topo.

d) Variável Chão de Fábrica

Finalmente, o estudo do Chão de Fábrica é focado na análise de como a estrutura produtiva está sendo aplicada para se obterem os resultados enxutos esperados. Os resultados positivos obtidos com aplicações de ferramentas e conceitos da ME no chão de fábrica das empresas criam a credibilidade necessária para que os conceitos sejam absorvidos e disseminados nos diferentes níveis da empresa. Isso facilita a continuidade do processo de implantação da ME por toda a empresa e posteriormente por toda a cadeia produtiva. O estudo da variável Chão de Fábrica busca identificar essas características ou limitações do sistema produtivo atual da etapa analisada. Dessa forma são propostos os indicadores de prática e indicadores de performance resumidos na Figura 2.11.

Conforme realizado com as demais variáveis, torna-se necessário mensurar cada indicador de Chão de Fábrica (CDF) e seu grau máximo de pontuação.

CDF 1 – Investiga quão flexível pode ser o sistema produtivo ao atendimento da demanda de modo econômico no que tange à variedade do *mix* e à estrutura de máquinas e equipamentos presentes na empresa. Uma forma de avaliar essa característica do chão de fábrica consiste em verificar, em cada setor, se existem equipamentos de tamanho pequenos, médios e grandes em proporções à demanda média solicitada. Caso a empresa possua equipamentos pequenos, médios e grandes na proporção da demanda média solicitada, ou seja, programa lotes de acordo com a demanda média, sua pontuação é 5.

Indicadores - Estudo do Chão de Fábrica			
Práticas		Descrição	Tipo
CDF1	Flexibilidade de Volume	Avaliar quão flexível pode ser o sistema produtivo ao atendimento da demanda de modo econômico considerando a variedade do <i>mix</i> e a estrutura de máquinas e equipamentos	Específico
CDF2	Troca Rápida de Ferramentas	Avaliar qual o grau de desenvolvimento de práticas relacionadas à diminuição dos tempos para preparação de máquinas (<i>setup</i>)	Específico
CDF3	Focalização da Produção	Avaliar qual o grau de desenvolvimento da prática de focalização da produção nos equipamentos da empresa	Específico
CDF4	Manutenção Produtiva Total	Identificar a prática de um programa de Manutenção Produtiva Total (TPM) dentro da empresa	Geral
CDF5	Programa de Polivalência	Identificar a prática de um programa efetivo de estímulo à polivalência dentro da empresa	Específico
CDF6	Rotinas de Operação Padrão	Avaliar se existe a prática de distribuição de rotinas de Operação Padrão (RCP) para operadores polivalentes, balanceadas ao tempo de ciclo (TC)	Específico
Performance		Descrição	Tipo
CDF7	Índice de Nivelamento	Medir quão nivelado o sistema produtivo é, ou seja, quão próximo, ou distante, está a produção efetiva da demanda real de mercado.	Específico
CDF8	Percentual de <i>Setup</i>	Avaliar quanto do tempo total disponível dos equipamentos se gasta com a atividade de <i>setup</i> para entrada de novos lotes	Específico
CDF9	Índice de Produtividade	Medir quão eficiente é a taxa de produção nos setores da empresa quando comparada à taxa média nominal desenvolvida pela Engenharia ao projetar o produto	Específico
CDF10	Índice de Paradas não Programadas	Medir com que frequência a produção é interrompida devido aos problemas de quebra ou problemas que inviabilizem a produção de produtos com qualidade	Específico
CDF11	Índice de Polivalência	Medir o alcance do programa de polivalência junto aos operadores do chão de fábrica	Específico

Figura 2.11 – Indicadores do Chão de Fábrica

Fonte: Andrade (2007)

CDF 2 – Neste item, pretende-se avaliar qual o grau de desenvolvimento de práticas relacionadas à diminuição progressiva dos tempos gastos com a preparação de máquinas (*setup*) que não agregam valor ao produto, quando da troca dos lotes de produção. O indicador será avaliado pela existência de evidências de que há um esforço organizado para a implantação de uma troca de ferramentas, a mais rápida possível, nos diferentes setores do segmento. Nota máxima se a empresa tem grupo formal, guiado por metas de redução contínua dos tempos de *setup*, que proceda de forma sistemática à análise crítica da preparação de máquina.

CDF 3 – Averigua qual o grau de desenvolvimento da prática de focalização da produção nos equipamentos da empresa. Os itens classe A apresentam uma grande

concentração e frequência de repetição. A focalização é justificada pelos elevados volumes envolvidos; para os demais itens deve-se ter uma focalização não por um item específico, mas por agrupamento de itens semelhantes visando haver trocas rápidas entre estes. A focalização da produção deve ser medida em termos percentuais e relaciona, entre todos os equipamentos existentes no setor, quantos por cento estão dedicados à produção de famílias específicas de itens. Assim, a 100% correto é se a empresa tem mais de 50% da capacidade instalada focalizada para famílias específicas de itens.

CDF 4 – O presente indicador pretende identificar a prática de um programa de Manutenção Produtiva Total (TPM) dentro da empresa. Em um programa como esse, além de se apresentar um planejamento formalizado de manutenção preventiva para os diferentes recursos, com reserva de datas programadas para a execução de atividades de manutenção dos equipamentos, deve-se ter um programa de educação e treinamento dos operadores, a fim de viabilizar uma manutenção autônoma dos equipamentos. Quando a empresa tem programa formal de manutenção produtiva total, incluindo a capacitação técnica continuada dos operadores, recebe nota 5.

CDF 5 – Mede quão nivelado o sistema produtivo é, ou seja, quão próximo, ou distante, está a produção efetiva da demanda real de mercado. A existência de flexibilidade de volume no sistema produtivo é o fator mais importante para que se proceda a um nivelamento da produção de acordo com as reais necessidades de mercado, conforme um sistema produtivo enxuto deve ser. Este indicador pode ser avaliado pela relação (fator de nivelamento) entre os lotes médios de produção e os lotes médios de pedidos dos clientes, e ele será tanto melhor quanto mais próximo da unidade, quando a produção é exatamente igual à demanda. Se a empresa tem produção bem nivelada à demanda e apresenta fator de nivelamento entre 0,9 e 1,1, a pontuação atingida é a máxima.

CDF 6 – Este indicador busca avaliar quanto do tempo total disponível dos equipamentos se gasta com a atividade de *setup* para entrada de novos lotes. O tempo gasto com atividades de *setup* externo, ou seja, quando se tem início o processo de preparação do equipamento sem, no entanto, parar o equipamento, não deve ser considerado como sendo tempo de *setup* na medição deste indicador, pois se objetiva medir somente o tempo em que o recurso fica indisponível para produção. Para avaliar este indicador, deve-se levantar um valor médio que represente o tempo gasto com *setup* do setor durante um período mensal e compará-lo com o tempo total disponível.

Assim, caso a empresa tenha tempo de *setup* inferior a 5% do tempo produtivo, a nota é 5.

CDF 7 – Este indicador pretende medir quão eficiente é a taxa de produção nos setores da empresa quando comparada à taxa média nominal desenvolvida pela Engenharia ao projetar o produto. Sendo assim, este índice será medido em função da evolução da produtividade quando comparada à taxa de produção média projetada. Se a empresa apresenta produtividade real acima ou igual à projetada, recebe a pontuação mais elevada da avaliação.

CDF 8 – Este indicador pretende medir com que frequência a produção é interrompida devido aos problemas de quebra ou problemas que inviabilizem a produção de produtos com qualidade. Este indicador é viabilizado por um programa de manutenção produtiva total (TPM), e para a medição deste devem ser consideradas todas as paradas da produção que tenham causa na quebra ou na manutenção não prevista do equipamento em questão. Paradas da produção originadas por outras razões não entram na contagem deste indicador. Se a empresa não apresenta interrupção da produção decorrente de quebra de equipamento está no topo da avaliação.

CDF 9 – Este indicador pretende medir quão eficiente é a taxa de produção nos setores da empresa quando comparada à taxa média nominal desenvolvida pela Engenharia ao projetar o produto. A taxa de produtividade é prevista como média quando do projeto dos produtos; contudo, com um sistema eficiente de planejamento e programação da produção, consegue-se obter um valor superior à média. Sendo assim, este índice será medido em função da evolução da produtividade quando comparada à taxa de produção média projetada. Este é um indicador específico por etapa produtiva. Pontua-se com 5 se a empresa apresenta produtividade real acima da projetada; 3 quando a empresa apresenta produtividade real igual à projetada; e nota 1 se a empresa apresenta produtividade real inferior à projetada.

CDF 10 – Este indicador pretende medir com que frequência a produção é interrompida devido aos problemas de quebra ou problemas que inviabilizem a produção de produtos com qualidade. Paradas desse gênero são inadmissíveis em sistemas da Manufatura Enxuta, nos quais se adota uma postura proativa de prevenção. Este indicador é viabilizado por um TPM, e para a medição deste devem ser consideradas todas as paradas da produção que tenham causa na quebra ou na manutenção não prevista do equipamento em questão. Paradas da produção originadas por outras razões não entram na contagem deste indicador. Este é um indicador específico por etapa

produtiva. A pontuação é 5 quando a empresa não apresenta interrupção da produção decorrente de quebra de equipamento ou essa interrupção é eventual.

CDF 11 – Este indicador pretende medir o alcance do programa de polivalência junto aos operadores do chão de fábrica. Para tanto, deve-se calcular um fator de polivalência da etapa que está sendo avaliada. Esse fator é a relação entre o número de operadores polivalentes e o número total de operadores no chão de fábrica. Consideram-se operadores polivalentes aqueles que têm condições de executar diferentes ROP dentro de seu ambiente de trabalho e participam de um programa formal de estímulo à polivalência. Este é um indicador específico por etapa produtiva. Finalizando, a pontuação é bem direcionada: 5 se a empresa possui uma taxa de polivalência acima de 80% no setor; 3 se a empresa possui uma taxa de polivalência entre 40% e 60% no setor; e 1 se a empresa possui uma taxa de polivalência inferior a 20%.

2.3 Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento de fluxo de valor, bem como os procedimentos de sua aplicação, foi formalizado por Rother e Shook (2003), no livro *Aprendendo a Enxergar*, com o intuito de fornecer o uso direto do mapeamento para as indústrias; contudo, sua aplicação já era usada na Toyota Motor Company há mais de 20 anos.

Neste trabalho o foco é o Mapeamento do Fluxo de Valor utilizando-se o método do Lean Institute como referência, porém alterações e melhorias são inseridas no método. Paralelamente, também se analisou outros métodos existentes na área da Manufatura Enxuta, como o de Hines e Rich (1997), chamado de VALSAT (*Value Stream Analysis Tool*), que pode ser traduzido como Ferramenta de Análise do Fluxo de Valor. Porém, por não ser tão visual e por utilizar uma matriz de correlação complexa entre os desperdícios e a estrutura industrial, optou-se pelo método de Rother e Shook (2003).

Também foi estudado o método utilizado para mapear processos de Shingo (1996), chamado de Mecanismo da Função Produção (MFP). Essa técnica é derivada dos tempos de Taylor, com suas cronoanálises, e da simbologia padrão de fluxogramas. O MFP considera a produção como uma rede de processos e operações (ver Figura 2.12) onde, no eixo vertical (processo), está definido o fluxo de matérias-primas que são

processadas até se tornarem produtos acabados. Operações (eixo horizontal) descrevem os fluxos pelos quais os agentes da produção utilizam métodos, espaço e tempo para criar os produtos. Intersecções dos eixos X e Y correspondem ao encontro dos fluxos de processos e operações, onde se encontram reunidos ambos os objetos da produção e seus agentes, em determinado tempo e espaço. Nos demais pontos da rede, onde não se verifica a intersecção dos eixos, pode-se constatar, por exemplo, que um lote de material está esperando para ser transportado e então processado por um equipamento. Por não estar tão instrumentado como o método de Rother e Shook (2003), ele também não será utilizado.



Figura 2.12 – Mecanismo da Função Produção

Fonte: Shingo (1996)

Foram rastreados também diversos tipos de mapeamento das diferentes áreas da Engenharia de Produção, desde softwares (Visio, Aris, MSProject, Witness, Iconix), métodos matemáticos, métodos aplicados na informática para banco de dados (IDEF, UML, Redes de Petri, BPML, SADT), métodos sob a visão da Teoria das Restrições, técnicas simples relacionadas à Organização, Sistemas e Métodos, como o genérico fluxograma, o Gráfico de Gantt, o Diagrama Regra de Atividades, a Teoria da Coordenação e o Mapeamento de Falhas. Porém, nenhum deles apresentou as características encontradas no método estruturado por Rother e Shook (2003). Dessa forma, este será discutido a seguir em detalhes.

2.3.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (Método Lean Institute)

O Lean Institute Brasil (2007) define mapeamento do fluxo de valor (MFV) ou VSM (*Value Stream Mapping*) como um diagrama simples de todas as etapas envolvidas no fluxo de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Os mapas de fluxo de valor são desenhados em diferentes momentos, a fim de revelar as oportunidades de melhoria – estado atual, estado futuro e estado ideal (ver Figura 2.13). É importante iniciar-se a análise pela expedição final e, em seguida, pelos processos anteriores, pois os processos finais são os que estão mais próximos dos consumidores.

Detalhando a ferramenta, no estado atual é preciso selecionar a família de produtos, especificar a demanda, quantos tipos de peças são feitos, qual a frequência de entrega e o tamanho da embalagem. Além disso, dados do processo como tempo de ciclo, tempo de troca, tempo de operação efetivo e tamanho do lote de produção são importantes.

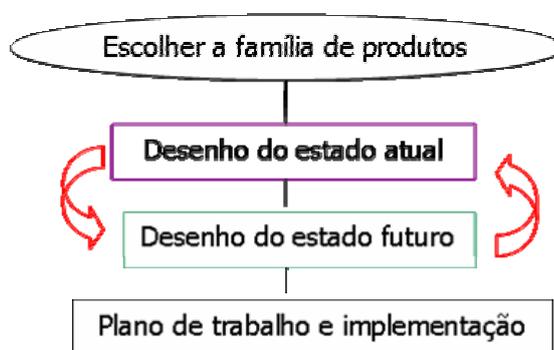


Figura 2.13 – Passos iniciais do mapeamento *lean*

Fonte: Rother e Shook (2003)

Para Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor permite às empresas enxergar seus desperdícios, o que serve para direcionar as melhorias no fluxo que efetivamente contribuem para um salto no seu desempenho, evitando a dispersão em melhorias pontuais, muitas das quais de pequeno resultado final e com pouca sustentação ao longo do tempo. O mapeamento ajuda ainda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas enxutas: células para criar fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, *setup* rápido, trabalho padronizado, etc., e a enxergar a melhor integração entre elas.

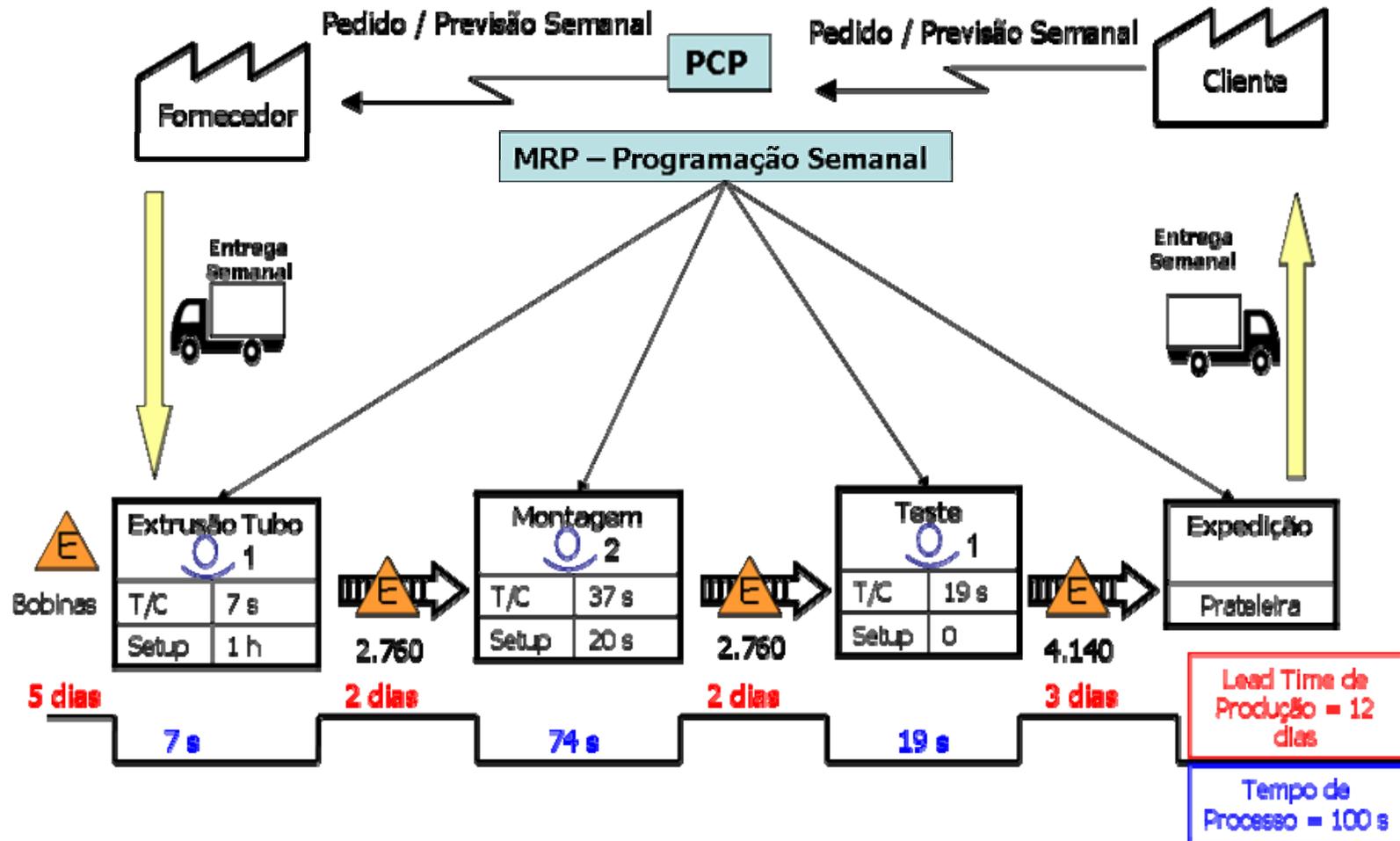


Figura 2.14 – Exemplo de mapeamento do estado atual

Fonte: Rother e Shook (2003)

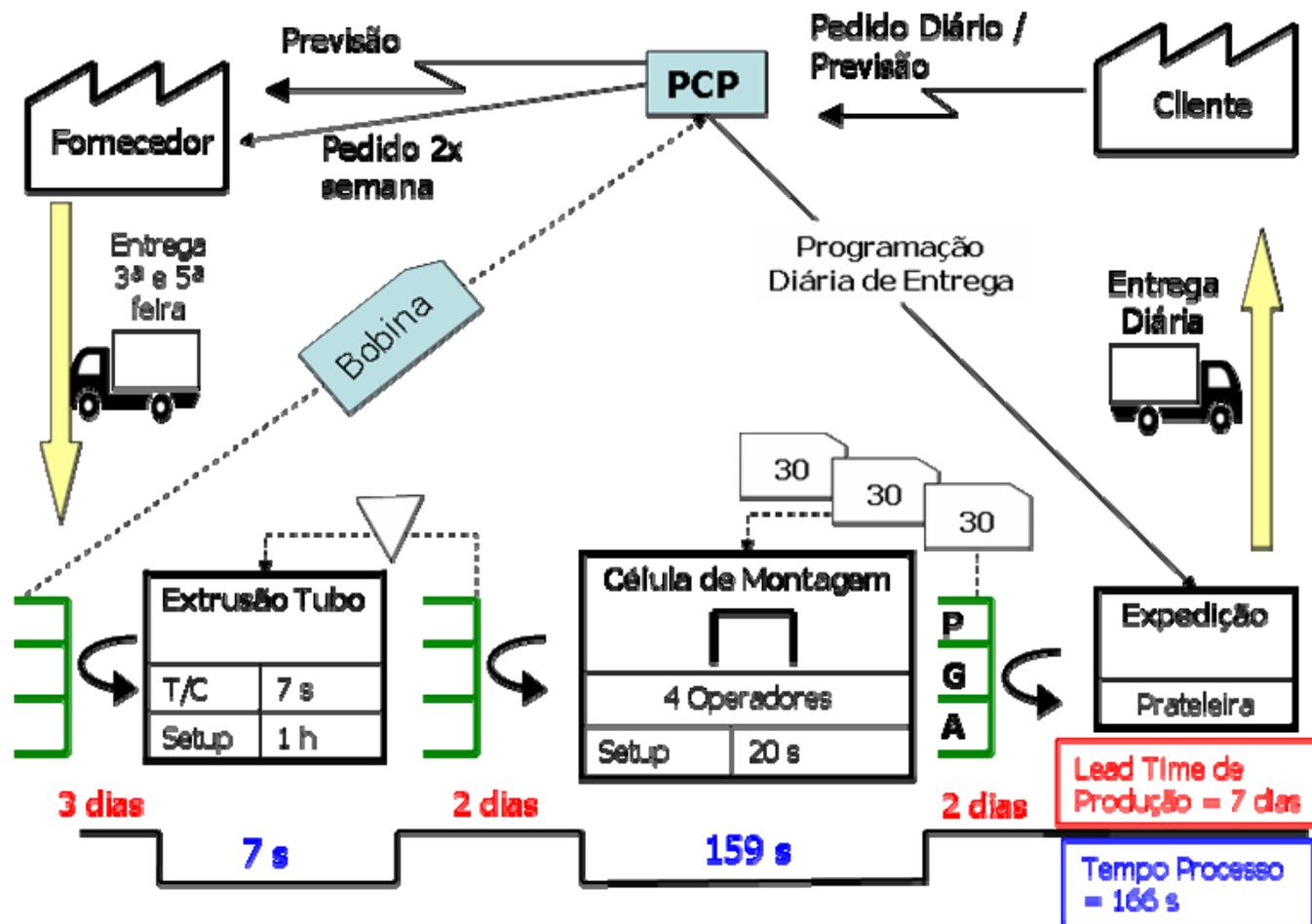


Figura 2.15 – Exemplo de mapeamento do estado futuro

Fonte: Rother e Shook (2003)

Na Figura 2.14 e na Figura 2.15 há um exemplo de aplicação do mapeamento, com a simbologia utilizada para representar a diferença entre o sistema atual e a proposta futura. São coletados dados de tempo de ciclo (T/C) de cada atividade, rastreados os estoques, frequência de entregas do fornecedor e ao cliente, e a programação feita pelo PCP. Os principais resultados nessa transformação do sistema empurrado para o puxado são a redução de estoques, com a criação de supermercados (estoques controlados), e reduções de *lead time* (tempo de atravessamento).

Observa-se que nos mapas há os fluxos de informação e materiais. O fluxo de materiais é desenhado na parte de baixo dos mapas, da esquerda para a direita; e o outro fluxo, na parte superior. Assim, é importante seguir algumas regras para a implantação bem-sucedida (ROTHER; SHOOK, 2003):

- a) produzir de acordo com o tempo de ciclo – há uma diferenciação entre takt time e tempo de ciclo, sendo que no primeiro (takt time) a produção deve estar nivelada ao mercado e no segundo o tempo disponível é dividido conforme a demanda de cada empresa;
- b) desenvolver um fluxo contínuo onde possível – significa produzir com o intuito de tornar o lote unitário, ou seja, “faça uma, mova uma”;
- c) utilizar supermercados onde o fluxo contínuo não é possível – quando certas atividades exigem um tempo de cura, por exemplo, utilizam-se estoques controlados para absorver diferenças de tempos de ciclo;
- d) procurar enviar a programação do cliente para somente um processo de produção, definindo ritmo aos demais processos – sistema puxado; e
- e) nivelar o *mix* de produção – distribuir a produção de maneira uniforme, reduzindo o tamanho dos lotes e, conseqüentemente, o *lead time*. Troca rápida de ferramentas é aplicada para facilitar a flexibilidade.

Simplificando, a Figura 2.16 seqüencia os passos para o Mapeamento do Fluxo de Valor.

1 - Definir a família a ser mapeada
2 - Conhecer o processo
3 - Identificar os desperdícios
4 - Identificar e calcular os estoques em dias
5 - Identificar se o sistema é "puxado" ou "empurrado"
6 - Levantamento dos dados do processo
7 - Identificar o fluxo de informação
8 - Calcular a linha do tempo
9 - Identificar a forma de recebimento e expedição
10 - Desenhar o mapa de fluxo de valor presente
11 - Fluxo de Informação

Figura 2.16 – Etapas do Mapeamento de Fluxo de Valor

Fonte: Rother e Shook (2003); Vieira (2006)

Porém, embora seja uma ferramenta com muitas vantagens, Khaswala e Irani (2004) enumeram algumas restrições do mapeamento, entre elas:

- a) dificuldades em mapear vários produtos de fluxos diferentes;
- b) falta de registro gráfico para questões de transporte, filas, distribuição devido ao *layout*;
- c) falta de indicadores financeiros como lucro, custos de operação, despesas com inventário;
- d) falta de gráficos para visualização especial de *layout*, manuseio e material;
- e) deficiência em detalhar o conteúdo de informação do fluxo de informação; e
- f) falta de um método para escolher o tipo de melhoria a ser feita inicialmente.

Discutido o método proposto por Rother e Shook (2003), na seqüência são apresentados os principais trabalhos nessa área disponíveis na bibliografia.

2.4 Trabalhos de Mapeamento na Área de Manufatura Enxuta

O trabalho de Vieira (2006) foi a apresentação de um estudo de caso na fabricação de controle eletrônico para eletrodomésticos. Das seis famílias de produtos existentes, a

escolhida foi a VCC Placas Eletrônicas, por apresentar um faturamento maior e ser a mais importante. Inicialmente, o autor realizou o PFMA (*Product Family Matrix Analysis*) para a separação das famílias. Em seguida, foi identificada a cadeia de valor, e calculados a quantidade de estoque por dia, o estoque em unidades, o estoque em horas (conforme tempo disponível por operador) e o *lead time* (linha do tempo). Na seqüência, o autor fez a descrição do *loop* do cliente (previsão x vendas), da característica do sistema produtivo atual (tempo de ciclo, tempo de troca, taxa de refugo, capacidade produtiva) e da tabela de processo (com distância, listando atividades e classificando em transporte, inspeção, processamento e estoque). O autor também fez uma explicação de como funciona o PCP, os controles e os suprimentos como etapas posteriores.

Como resultado do trabalho, Vieira (2006), a partir do mapa futuro, alterou o *layout* de produção, aplicou o tempo *takt* para balancear a produção – o fluxo contínuo entre processos que estavam em ilhas isoladas – e definiu um único processo puxador (início do processo de fabricação). Com essas mudanças, o autor cita que foram alcançados os seguintes resultados:

- a) redução de 48% das atividades (de 37 para 18 passos);
- b) redução de 84% da distância pela alteração de *layout*;
- c) equilíbrio entre inspeção e processo. Antes havia 8 inspeções para 6 atividades processadas, depois 4 inspeções para 5 atividades de processo;
- d) redução de estoques e conseqüentemente de *lead time*, de 13 para 3,7 dias; ou seja, 72%;
- e) redução da área de manufatura em 39,2%; e
- f) aumento de produtividade de 18,3 peças/hora MOD para 31,4 na linha de integração.

Quanto às limitações do trabalho, Vieira (2006) mostra que, embora aplicado na manufatura o MFV, os maiores desperdícios estavam na matéria-prima (106 dias de estoque), e o tempo se tornou insuficiente porque a empresa necessitou de treinamento sobre ME.

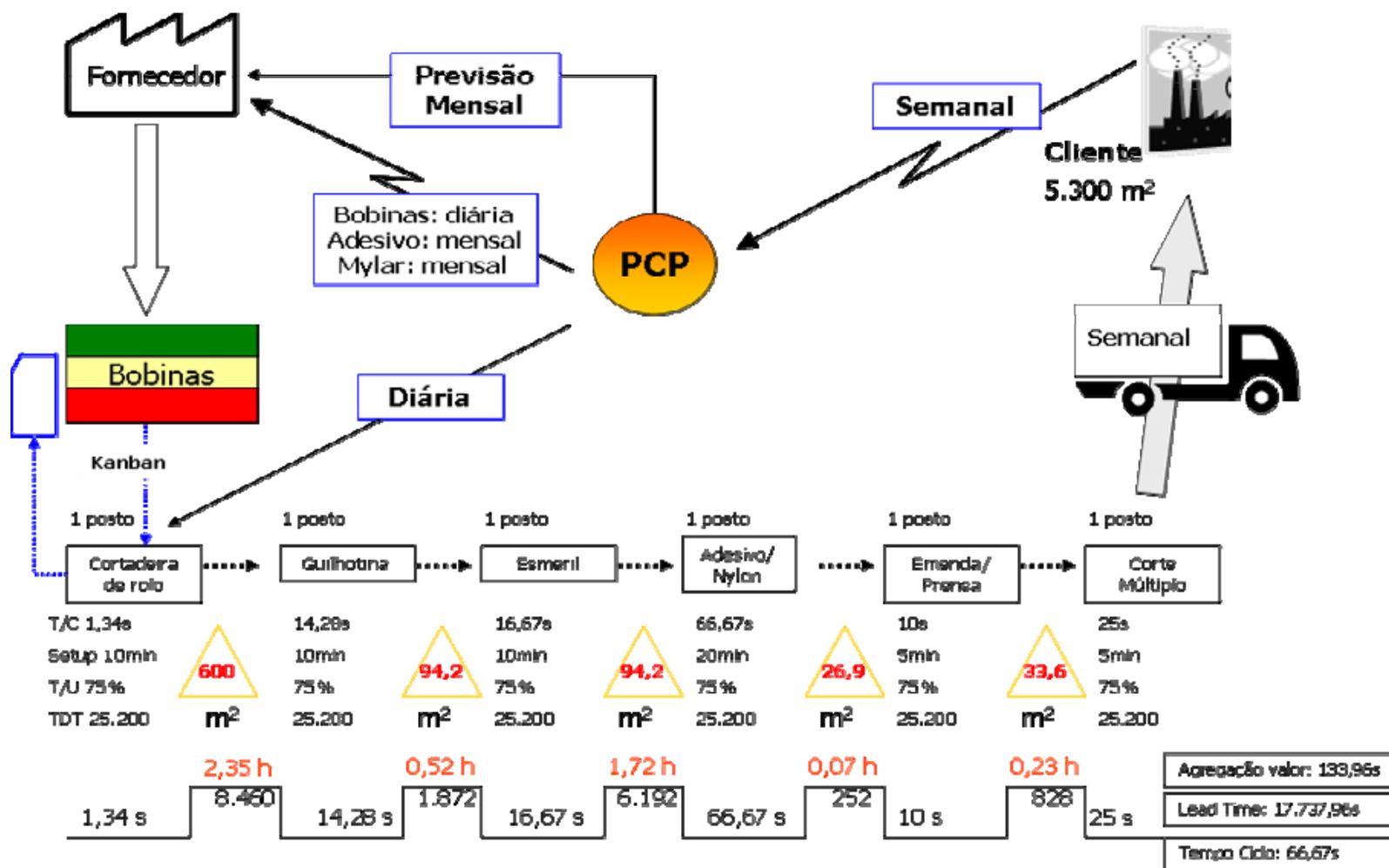


Figura 2.17 – Mapa do fluxo de valor atual

Fonte: Fernandes, Gomes e Godinho Filho (2006)

O trabalho de Fernandes, Gomes e Godinho Filho (2006) utiliza as ferramentas Análise do Fluxo de Produção (PFA) e *Value Stream Mapping* (VSM) em conjunto, pois, segundo os autores, a primeira é o melhor método para se encontrar famílias no *layout* celular. Dessa forma, os autores colocam que a PFA tem como objetivo a divisão dos produtos em famílias e define o conjunto de máquinas necessárias para a fabricação de determinada família. Já o mapeamento tem como meta o alcance do fluxo enxuto, ou seja, encontrar um fluxo de materiais em que se elimine o desperdício. Os autores partem do PFA e o utilizam até o momento em que são encontrados os equipamentos necessários para a produção de cada família. A partir daí os autores escolhem uma família específica e fazem uso do MFV para melhorar o fluxo de materiais.

O estudo de caso foi aplicado numa empresa multinacional do ramo químico, unidade de produtos abrasivos, localizada em Campinas, SP, na linha com o fluxo mais complicado das dez linhas existentes. Os autores sugeriram reduzir o tempo de ciclo na aplicação do abrasivo e no corte múltiplo, e agrupar etapas de guilhotina e esmeril para formar fluxo contínuo. Segundo os autores, os resultados de redução de tempo de ciclo foram obtidos pela simplificação do fluxo de materiais. A Figura 2.17 demonstra o mapa do estado atual feito pelos autores.

Já Queiroz, Rentes e Araújo (2006) desenvolveram um trabalho de mapeamento de fluxo de valor em uma indústria produtora de equipamentos para extração de leite, no produto bomba de vácuo, dentro da família das ordenhadeiras. Para uma demanda mensal de 24 unidades, os autores colocam que obtiveram uma redução da movimentação com o desenvolvimento de fluxo contínuo para as atividades lavar, montar tampa, montar componentes, testar bomba de vácuo e pintar bomba de vácuo, além de uma redução de estoques, redução de *lead time* em mais de 77% (de 67 dias para 15 dias) e redução de pessoas (11 para 3 pessoas).

Mostrando que o Mapeamento pode ser aplicado nos mais diversos ramos industriais, Marodin e Zawislak (2005) escolheram uma empresa com produtos em madeira para a construção civil, focada em molduras componentes para acabamento interno e externo de portas e janelas. Os autores colocam que toda a produção é para exportação, possuindo a empresa florestas próprias, porém suprindo somente 40% das necessidades de matéria-prima; o restante é comprado. Segundo os autores, em 2004 o faturamento foi de US\$ 60 milhões e havia 1.500 colaboradores diretos. O Mapeamento aplicado pelos autores direcionou-se às transformações secundárias, com processos de lixa, serragem, colagem, prensagem, pintura e embalagem, aplicados na família *board*, que é produzida a partir de

pínus reflorestados. No mapa atual, havia a falta de organização na administração dos estoques intermediários, ou seja, dados da empresa dimensionavam em 10 mil metros cúbicos de madeira serrada, mas no pátio havia 18 mil metros cúbicos, e o *layout* por processo estava inadequado. Assim, o tamanho do supermercado foi dimensionado em 5 dias de produção, avaliado se a produção seria com supermercado ou fluxo contínuo. Implantou-se *kanban* e balancearam-se os tempos de ciclo dos processos de Plaina 1, Destopadeira 1 e *Finger*. A Figura 2.18 mostra o desequilíbrio que existia nos tempos de ciclo dos processos.

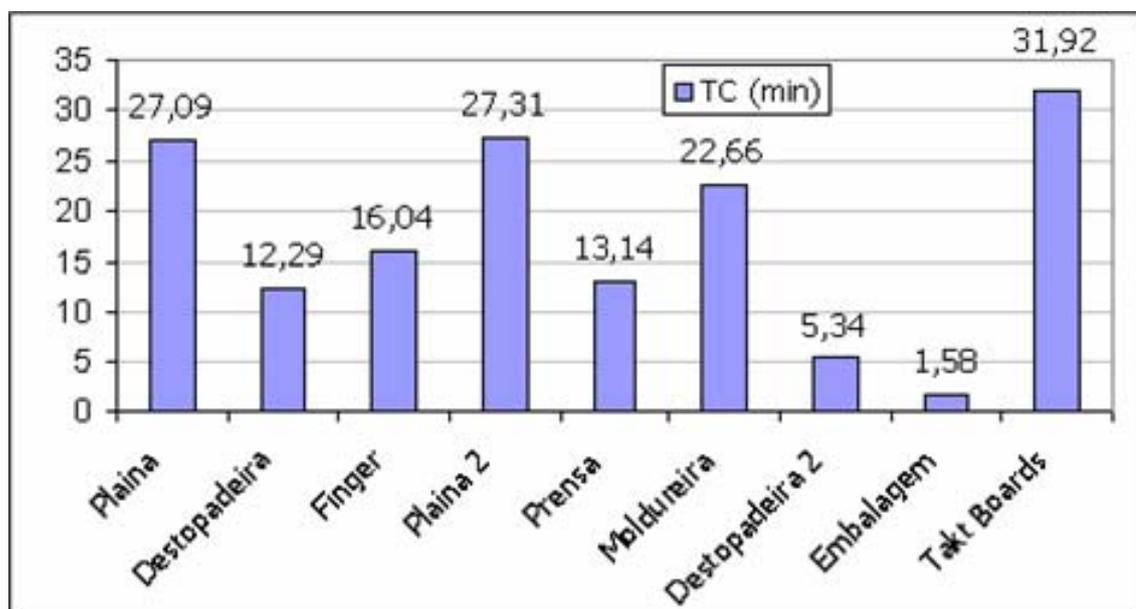


Figura 2.18 – Tempos de ciclo no mapa atual

Fonte: Marodin e Zawislak (2005)

O principal resultado foi a redução no *lead time* total em 77%, ou seja, os produtos fluem mais rapidamente entre todos os processos da empresa e, com isso, ela pode oferecer uma redução no prazo de entrega aos seus clientes. Outros resultados estão na Figura 2.19.

	Estado Atual	Estado Futuro
Lead Time	43,8 horas	10 horas
Agregação Valor	2,6 horas	2,6 horas
Tempo total de desperdício	1.049,9 horas	239,9 horas
Estoque	18.500 m ³	3.220 m ³
Custo Contábil	R\$ 3,5 milhões	R\$ 0,7 milhão

Figura 2.19 – Resultados obtidos com a aplicação do mapeamento numa madeireira

Fonte: Marodin e Zawislak (2005)

O estudo de caso de Alonso (2002) foi aplicado na Alcan Alumínio do Brasil, unidade de Pindamonhangaba, SP. Os passos a seguir foram adotados no MFV.

Realizou-se a definição da família de produtos: principal produto *Can Body Stock* (CBS), bobinas de alumínio fornecidas para fabricantes de latas de bebidas, que representa 70% da produção de metal da fábrica. Na seqüência, o autor calculou o *takt time* do cliente, onde a puxada do cliente foi determinada em número de bobinas por dia – número específico, de acordo com a capacidade de cada fabricante de lata. Após estabeleceu a dimensão do supermercado para produtos acabados e material em processo; determinou-se qual seria o estoque mínimo mantido dentro da Alcan para que fosse garantido o fornecimento de acordo com as paradas programadas de equipamento. Além disso, dimensionou-se a quantidade de material em processo para assegurar um fluxo contínuo na produção. Na Alcan os valores são variáveis devido à sazonalidade do mercado consumidor.

Assim, os resultados principais obtidos no trabalho desse autor foi a redução de 36% no total de inventário da fábrica, e o *lead time*, que antes era de 8 dias, passou para 3,8 dias. Os itens propostos pelo autor no mapa futuro foram: produção puxada, gerenciamento visual, indicadores claros e únicos, agilidade de decisão (autonomia do chão de fábrica), ausência de controles paralelos, menos etapas no processo de comunicação, produção sem “sustos”, sistema único para todos os produtos CBS, supermercado acabado dentro da puxada do cliente, ausência de material já faturado dentro da planta, regras claras e bem definidas em todo processo, com treinamento para 100% dos envolvidos, flexibilidade para atender à variação de demanda, gerenciamento das anormalidades (plano de contingência) e aderência dos fornecedores da planta ao processo.

Nazareno, Silva e Rentes (2003) descreveram uma metodologia para aplicar o MFV para produtos com ampla gama de peças e utilizaram-na em três empresas brasileiras de médio porte do setor agroindustrial. Num primeiro momento, eles identificaram quais as peças que possuem um roteiro de fabricação similar, de modo que possam ser agrupadas e, conseqüentemente, receber o mesmo tratamento, conforme a Figura 2.20. O "G", que vai de 1 até 8, significa o percurso de cada grupo de peças. As peças semelhantes foram então enquadradas em 8 grupos de fluxos de peças, de acordo com os processos inicial e final. Por exemplo, o Grupo 1, com consumidor final evaporador e processo inicial estamparia. Quando não for possível mapear todas as peças do produto, pode-se mapear os processos das peças mais representativas, convergindo para o fluxo principal de valor ou ainda para o método por conjunto (peças submontadas). Conforme os autores, é necessário fazer um mapa para cada conjunto. No estudo de caso, um produto do ramo industrial teve uma composição de mais de 2.000 peças. Assim, utilizou-se uma representação genérica dos conjuntos com mapas adicionais para o desdobramento de cada submontagem.

2.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo teórico apresentaram-se os princípios básicos da Manufatura Enxuta e as ferramentas Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e Benchmarking Enxuto, que serão o embasamento para o desenvolvimento do método a ser proposto e sua aplicação. Finalizou-se com alguns exemplos práticos de MFV encontrados na bibliografia, ressaltando-se que em nenhum deles foi proposta a consolidação de MFV com o Benchmarking.

Assim, nos próximos capítulos serão apresentados três estudos de caso, descrevendo-se a aplicação conjunta das ferramentas de Benchmarking e o MFV, servindo o primeiro para diagnosticar em que nível da ME encontram-se as etapas produtivas de indústrias. Já o mapeamento servirá como um guia, detalhando os pontos de melhoria e as técnicas da Manufatura Enxuta a serem aplicadas, a fim de tornar as empresas competitivas no mercado, pela eliminação de desperdícios e adição de valor.

3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA A

Este capítulo tem por objetivo descrever o estudo de caso da Empresa A com a aplicação dos métodos Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e Benchmarking Enxuto (BME), de forma a analisar e sugerir possíveis melhorias e integrações entre os métodos existentes. Como o método de MFV divide sua aplicação em “estado atual” e “estado futuro”, no estudo de caso aqui apresentado buscou-se essa separação, mesmo que o chamado “estado atual” já tenha evoluído para um “estado futuro” ou, pelo menos, caminhado nessa direção quando do levantamento dos dados do estudo de caso.

Inicialmente, a empresa e seu sistema produtivo são apresentados, com foco no detalhamento do setor objeto do estudo de caso. Na seqüência, são apresentados o MFV realizado para o estado atual em que se encontrava o setor e o MFV proposto, o estado futuro. Em seguida, para o mesmo setor, de forma a permitir as comparações, é detalhada a aplicação do BME em relação ao setor quanto ao seu estado atual do MFV, com a determinação dos seus pontos fortes e fracos identificados a partir da análise das práticas e performance das variáveis Demanda, Produto, PCP e Chão de Fábrica.

A Empresa A, que é do setor têxtil, está bem evoluída em relação à Manufatura Enxuta, possuindo programas *kaizens* de melhorias semanais por toda a fábrica. Para essa empresa, o MFV do estado atual já foi realizado, e o MFV para o estado futuro está em implantação através das melhorias contínuas. Nessa empresa, o BME foi aplicado em cima do sistema produtivo já com melhorias em andamento do estado atual para o futuro, ou seja, após a aplicação do MFV.

3.1 Introdução: Empresa A e seu Sistema Produtivo

A empresa A, situada em Blumenau, SC, é de grande porte, com faturamento acima de R\$ 280 milhões/ano. Tornou-se uma companhia de capital aberto em 1971. Está presente em mais de 40 países, sendo uma das maiores exportadoras de produtos têxteis da linha cama, mesa e banho, com um portfólio de 1.500 itens. Possui 2.300 funcionários no seu quadro.

A Figura 3.1 ilustra de forma simplificada os cinco processos produtivos da empresa. O processo produtivo da Empresa A se inicia na Fiação, processo em que o algodão comprado é transformado em fio; em seguida esse algodão é colocado em carretéis ou urdumes, no processo denominado de Preparação. Na seqüência, esses urdumes são levados para a Tecelagem, onde ocorre a transformação do fio em tecido. O tecido cru passa então por um processo de tratamento, entre eles a purga, a tinturaria e a estamparia, no setor chamado de Beneficiamento. Com o tecido beneficiado, é possível ir para a Confeção, onde os diferentes itens são cortados, costurados e embalados para entrega.

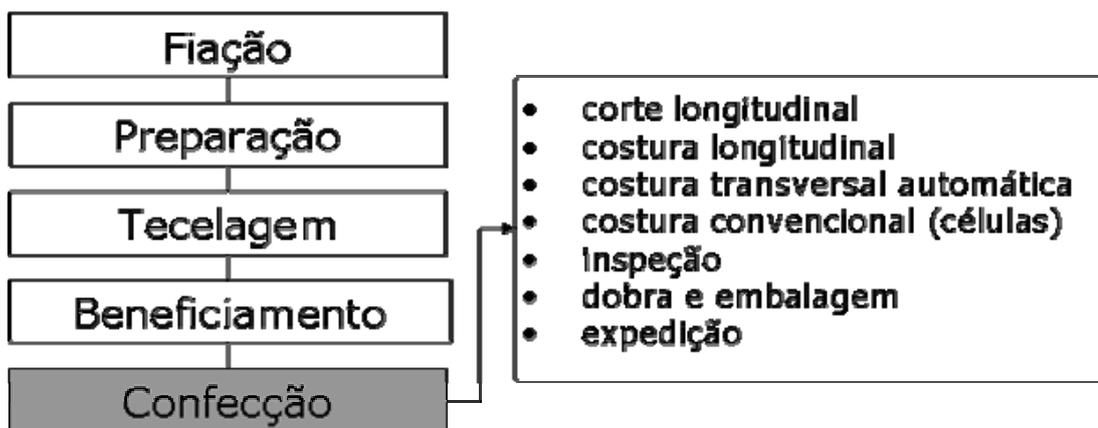


Figura 3.1 – Processos da Empresa A, focado na Confeção

Neste trabalho, o foco foi o setor de confecção, onde se aplicou o método do MFV e o BME, respectivamente. No setor de confecção, o processo segue as seguintes etapas – corte longitudinal, costura longitudinal, costura transversal (realizada em máquinas automáticas) ou costura convencional (método tradicional das costureiras executando a costura em máquinas). Após, há o processo de inspeção e embalagem, seguindo para a expedição, de onde os produtos são remetidos aos pontos-de-venda.

Como explicado, nessa empresa a dinâmica de implantação da Manufatura Enxuta já está em andamento há alguns anos. No setor de costura as mudanças começaram no início de 2007, com o MFV do “estado atual”. Dessa forma, na apresentação do MFV do estado atual é resgatada a situação do setor quando esse mapeamento foi inicialmente realizado. A Figura 3.2 apresenta o *layout* detalhado do setor de confecção para esse estado atual. A autora participou como observadora no MFV atual e realizou o MFV completo do setor de confecção após conhecer todos os processos produtivos da Empresa A. O mapeamento executado pela autora foi realizado num período de transição entre o estado atual e futuro,

sendo comparados ao existente na empresa. Mesmo com o tamanho do lote da toalha R diferente, o tempo de processo foi equivalente; porém houve divergência no lead time. A empresa não considerava no somatório do lead time o supermercado da expedição, mas a autora somou esse tempo ao lead time da Confeção. O MFV foi apresentado para a diretoria que valorizou o trabalho, considerando-o de grande importância para a obtenção de melhorias no processo da manufatura enxuta. A diretoria também sugeriu a dedicação de um funcionário disposto a realizar mapeamentos de todos os processos e famílias de produtos.

Basicamente, o processo de costura pode ser manual ou automático. No primeiro tipo, no início de 2007, havia seis células, representadas na Figura 3.2 por círculos pontilhados, cada uma composta das etapas de corte transversal, máquina de costura convencional, inspeção e embalagem. Na costura automática havia duas máquinas na linha de produção que executavam as tarefas de corte transversal, costura e colocação de etiquetas. Porém, a inspeção era manual e seguia as seguintes classificações: produto conforme (liberado para expedição), produto rejeitado (usado como retalho), produto de segunda categoria (vendido com preço inferior) e produto de retrabalho (esse retornava ao processo manual para consertos).

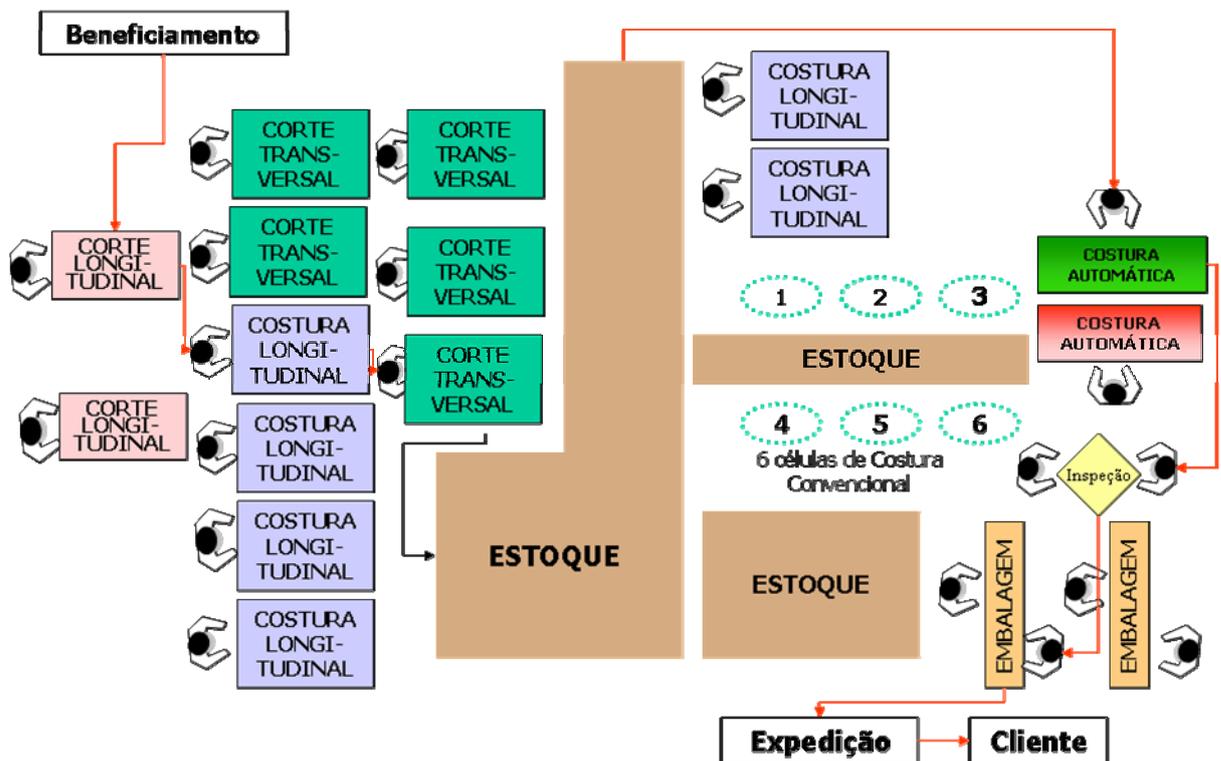


Figura 3.2 – *Layout* do processo da confecção atual

Tanto no método tradicional manual como nas máquinas automáticas, há inicialmente o corte longitudinal (vide Figura 3.3), que separa cada toalha, e em seguida a costura longitudinal (popularmente conhecida por bainha/barra). No início de 2007 havia no setor, como apresentado na Figura 3.2, duas máquinas de corte longitudinal abastecendo quatro máquinas de costura longitudinal.

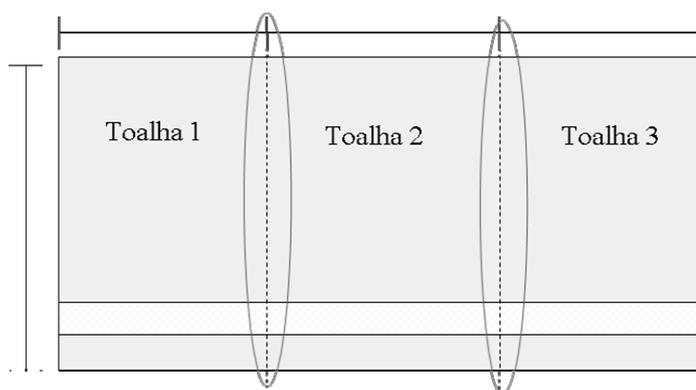


Figura 3.3 – Início do processo da confecção: corte e costura longitudinal

Como ilustrado na Figura 3.2, o alto volume de estoque em processo ficava visível dentro do setor, pois os estoques eram utilizados como segurança para absorver os erros que ocorriam, de forma a não interromper o fluxo produtivo. Com esses estoques, muitos defeitos ficavam “mascarados”, além do espaço que os altos estoques ocupavam na produção. O estoque ainda provocava outro incômodo: a separação das máquinas de costura longitudinal. Observando-se a Figura 3.2, pode-se ver que havia dois grupos dessas máquinas – antes e após os estoques. Elas precisavam estar próximas das máquinas de costura automática, mas, devido à falta de espaço, ocupado pelos estoques, somente duas ficavam localizadas corretamente.

Apresentada a empresa e detalhado o fluxo produtivo do setor de confecção quando do levantamento do MFV do estado atual, no início de 2007, na seqüência é apresentada a aplicação da ferramenta de MFV para esse setor, realizada tanto para o estado atual como para a proposição de um estado futuro.

3.2 Aplicação do MFV no Setor de Confeção da Empresa A

Seguindo a metodologia do Lean Institute, a medida de dias é usada para avaliar estoques, e os tempos de processo são mensurados em segundos. Antes de descrever o mapeamento dos estados atual e futuro, torna-se necessário definir que a produção do setor ocorre em três turnos, com exceção da costura convencional, que opera somente em dois turnos. Dessa forma, considerou-se o dia produtivo com 24 horas, 1.440 minutos, equivalente a 86.400 segundos.

Para realizar o mapeamento foi escolhido um produto e acompanhado o seu processo. A toalha de banho "R" 68 x 140 centímetros foi a escolhida. O produto R foi escolhido por se tratar de um artigo de coleção com alto volume de vendas e por seu processo produtivo envolver todas as etapas do setor. A demanda pelo produto R, inserida na família toalhas de banho, a ser considerada no MFV, era de 18.000 peças por dia, ficando, dessa forma, o *takt time* (T/T) do produto calculado como 4,8 segundos (86.400 segundos divididos por 18.000 peças). Seu processo passa pelas etapas de corte longitudinal, costura longitudinal, máquina automática – onde é cortada e costurada transversalmente –, inspeção, embalagem e expedição.

O MFV do estado atual realizado para o setor de confecção da Empresa A pode ser visto na Figura 3.4. Nesse mapa, o fluxo de valor se inicia, por um lado, com o cliente (representado pelo setor chamado "Mercado" dentro da Empresa) enviando pedidos diários ao PCP, que trabalha conjuntamente com a Logística, e, por outro, com uma previsão recebida do Mercado com um horizonte de planejamento de 30 e 60 dias. Essas informações, previsão mais pedidos confirmados, geram na seqüência as ordens de produção. É o PCP de cada setor que elabora as ordens de produção e que leva em média 2 dias para distribuir para a Confeção. Simultaneamente, são emitidas à expedição as ordens de despacho para os pedidos confirmados dentro do prazo de entrega. As previsões também são usadas para ajustar a programação semanal de compras junto aos fornecedores.

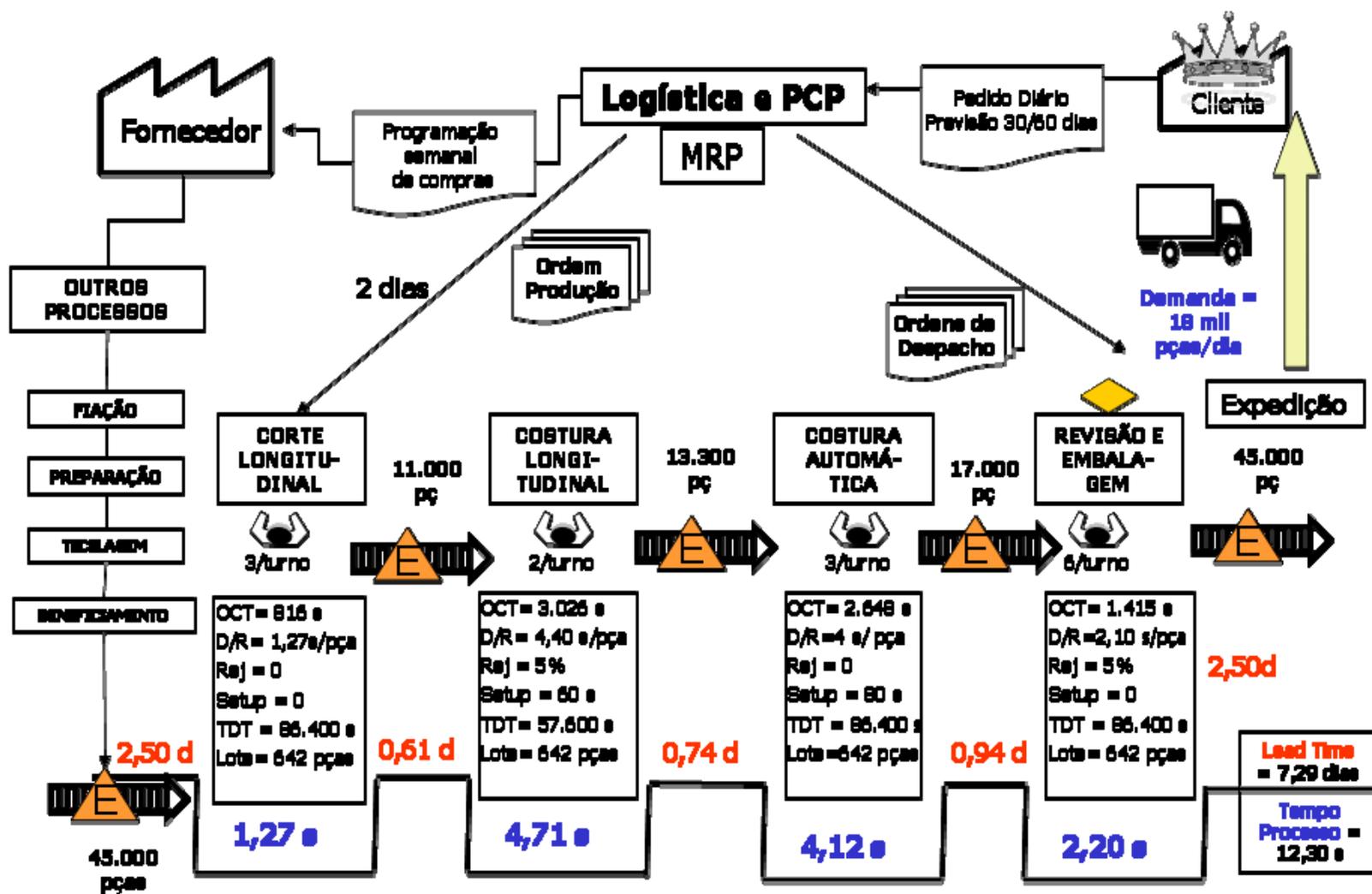


Figura 3.4 – Mapeamento do estado atual da Empresa A

Após a passagem pelos processos anteriores (fiação, preparação, tecelagem e beneficiamento), a confecção do produto R se inicia com o corte longitudinal, seguido pela costura longitudinal, pela costura automática e, finalmente, pela revisão e embalagem. Segundo o MFV, essas etapas são as caixas de processo, consideradas como os estágios onde há agregação de valor ao produto, conforme se pode ver na Figura 3.4. Entre essas etapas estão posicionados os estoques.

Para o levantamento dos dados e o detalhamento do MFV, o tamanho do lote foi padronizado para 642 peças, sendo o tempo despendido no processo calculado pela multiplicação entre esse tamanho de lote e o tempo unitário (D/R), resultando no tempo de máquina (OCT). Nos casos em que ocorrem tempos de *setup*, como na costura longitudinal e na costura automática, esse tempo foi somado ao OCT. Da mesma forma, nas etapas com índice de rejeitos, o tamanho do lote considerado para os cálculos foi completado com esse percentual, e esse tempo adicional foi considerado como problema, ou desperdício, associado à qualidade no tempo máquina (OCT). Já o tempo de processamento líquido por peça é calculado dividindo-se o OCT pelo lote padrão de 642 peças boas.

O MFV da produção do setor de confecção da Empresa A se inicia com 2,5 dias de estoque de tecido acabado para o produto R, o equivalente a 45.000 peças para uma demanda de 18.000 peças. Esse estoque abastece o corte Longitudinal, que trabalha com 3 pessoas em três turnos, com 86.400 segundos disponíveis. O tempo de operação por peça é de 1,27 segundos, sendo, para o lote padrão de produção de 642 peças, o tempo de máquina (OCT) dedicado de 816 segundos. No Corte Longitudinal não se tem *setup* nem rejeições por problemas de qualidade, fazendo com que o tempo de processamento líquido por peça seja também de 1,27 segundos.

Entre o Corte Longitudinal e a Costura Longitudinal tem-se um estoque pulmão com 0,61 dias, equivalente a 11.000 peças, para uma demanda de 18.000 peças. Essa quantidade é necessária devido a esse segundo processo operar em dois turnos, com duas pessoas por turno, enquanto o anterior opera em três turnos. Nesse processo, há necessidade de se adicionarem 32 peças ao tamanho do lote (642 peças) em função da perda de 5% com problemas de qualidade, elevando-se o lote para 674 peças. Com um tempo unitário de 4,4 segundos por peça, o lote de 674 peças consome 2.966 segundos. Considerando-se, ainda, o tempo de *setup* de 60 segundos entre lotes, tem-se um tempo de máquina (OCT) dedicado ao produto R

nessa fase de 3.026 segundos. Nessa etapa, o tempo líquido de processamento por peça fica em 4,71 segundos, dividindo-se 3.026 segundos pelo lote padrão de 642 peças boas.

Entre a costura longitudinal e a costura automática existe outro estoque pulmão, que fica abastecido com 13.300 peças, já identificadas como boas, equivalentes a 0,74 dias de estoque para uma demanda média de 18.000 peças. Como a costura é automática, é a máquina que dita a velocidade de produção de 4 segundos por peça. Essa etapa possui o total de 3 colaboradores por turno, operando nos três turnos. O *setup* entre lotes é de 80 segundos, e as peças defeituosas do processo automático são inspecionadas na etapa seguinte. Assim, no cálculo do OCT para um lote de 642 peças e tempo unitário de 4 segundos por peça, considerando-se ainda o tempo de *setup* de 80 segundos, chega-se em 2.648 segundos. Sendo assim, o tempo líquido de processamento por peça nessa etapa fica em 4,12 segundos, dividindo-se 2.648 segundos pelo lote padrão de 642 peças boas.

Ao sair da costura automática, um terceiro estoque dentro do processo de 17.000 peças, ou 0,94 dias para uma demanda média de 18.000 peças, abastece as seis pessoas responsáveis pela etapa final de Revisão e Embalagem. Essa etapa funciona durante três turnos, e esse estoque intermediário entre os processos permite manter o fluxo contínuo entre eles. Nesse processo, para o cálculo do OCT, há necessidade também de se adicionarem 32 peças ao tamanho de lote (642 peças) em função da perda de 5% com problemas de qualidade, elevando-se o lote para 674 peças. Para esse lote de toalhas de banho, com um tempo dedicado à revisão e à embalagem de 2,1 segundos por peça, chega-se ao OCT de 1.415 segundos. Nessa etapa, o tempo líquido de processamento por peça fica em 2,20 segundos, dividindo-se 1.415 segundos pelo lote padrão de 642 peças boas.

Para finalizar o levantamento dos dados do MFV do produto R do estado atual encontrado no início de 2007 na Empresa A, tem-se após a revisão e embalagem um estoque na expedição onde as peças são mantidas em média 2,5 dias (45.000/18.000). Dessa forma, conforme se pode ver no mapeamento Figura 3.4, o setor de confecção da Empresa A tem um *lead time* total de 7,29 dias (2,50 + 0,61 + 0,74 + 0,94 + 2,50) e um tempo líquido de processo por peça de 12,30 segundos (1,27 + 4,71 + 4,12 + 2,20).

Segundo os princípios da ME, a grande diferença entre o *lead time* total de 7,29 dias do setor de Confecção da Empresa A e o tempo líquido de processamento de uma peça do produto R de 12,30 segundos é decorrente de um conjunto de desperdícios inerentes à produção em lotes, em relação à produção em fluxo unitário, tendo seu reflexo basicamente na formação de estoques entre as etapas produtivas. Entre os desperdícios identificados pela empresa durante o mapeamento, encontraram-se os de espera, estoque, movimentação, processo e qualidade, descritos na seqüência:

- a) desperdício de espera: demora para colocação do pedido pelo PCP na fábrica através de Ordens de Produção;
- b) desperdício de estoque: em virtude do erro na previsão de demanda, o setor de Costura trabalhava com grande quantidade de estoques bem como com a chamada superprodução. Não há necessidade de 2,5 dias de estoque no início do processo, tampouco tantos estoques intermediários, que ocupavam áreas de produção entre uma etapa e outra, distanciando-as;
- c) desperdício de movimentação: existia esse desperdício na movimentação entre uma etapa e outra, devido aos estoques existentes entre o processo;
- d) desperdício de processo: não havia padronização nas unidades de medidas e análises, bem como no tamanho dos lotes. Também havia o desperdício de tempo de *setup* devido ao grande portfólio, levando ao baixo balanceamento da produção; e
- e) desperdício de qualidade: esse foi o maior problema identificado na Confecção. Além de muitas peças já chegarem com defeito a esse setor (problemas de coloração heterogênea, manchas no tecido, falhas), muitas vezes essa falha só era detectada no meio ou no final do processo. Dessa forma, o processo de inspeção na Confecção, bem como em outros setores, precisava ser repensado com base no conceito de inspeção na fonte.

No sentido de reduzir esses desperdícios, a Empresa A projetou no início de 2007 um MFV para o estado futuro e implantou durante 2007 essa nova estrutura produtiva para a Confecção. Esse projeto do estado futuro para a Confecção, e sua posterior implantação, se baseou na redução significativa dos estoques entre os processos e na focalização das máquinas por famílias de produtos, além da mudança da inspeção de qualidade. O MFV futuro será novamente apresentado apenas para o

produto R, que se está acompanhando, no sentido de se estudar e discutir sua funcionalidade como ferramenta gerencial.

Com a focalização e a redução dos estoques entre etapas, um novo *layout* para o setor foi implantado. A Figura 3.5 apresenta este novo *layout*, e as setas ajudam a identificar o fluxo produtivo do produto R. Nesse novo *layout* pode-se ver que as máquinas automáticas ficaram mais organizadas e também focalizadas. Com a focalização da produção, os *setups* são inexistentes, pois à medida que o rolo de tecido vai terminando, os próprios operadores costuram um rolo no outro com máquinas de costura que ficam no local de trabalho, sem parar o processo. Para abastecer a costura automática foi projetado e implantado um sistema de “quadrado” ou “carrinho” *kanban*. Os *kanbans* de chão nas cores vermelha e verde destinam-se, respectivamente, às máquinas automáticas Texpa e Schmale. A existência de carrinhos *kanbans* no chão de fábrica facilitou o transporte pelos próprios operadores. Observa-se ainda o limite de três carrinhos *kanbans* por máquina.

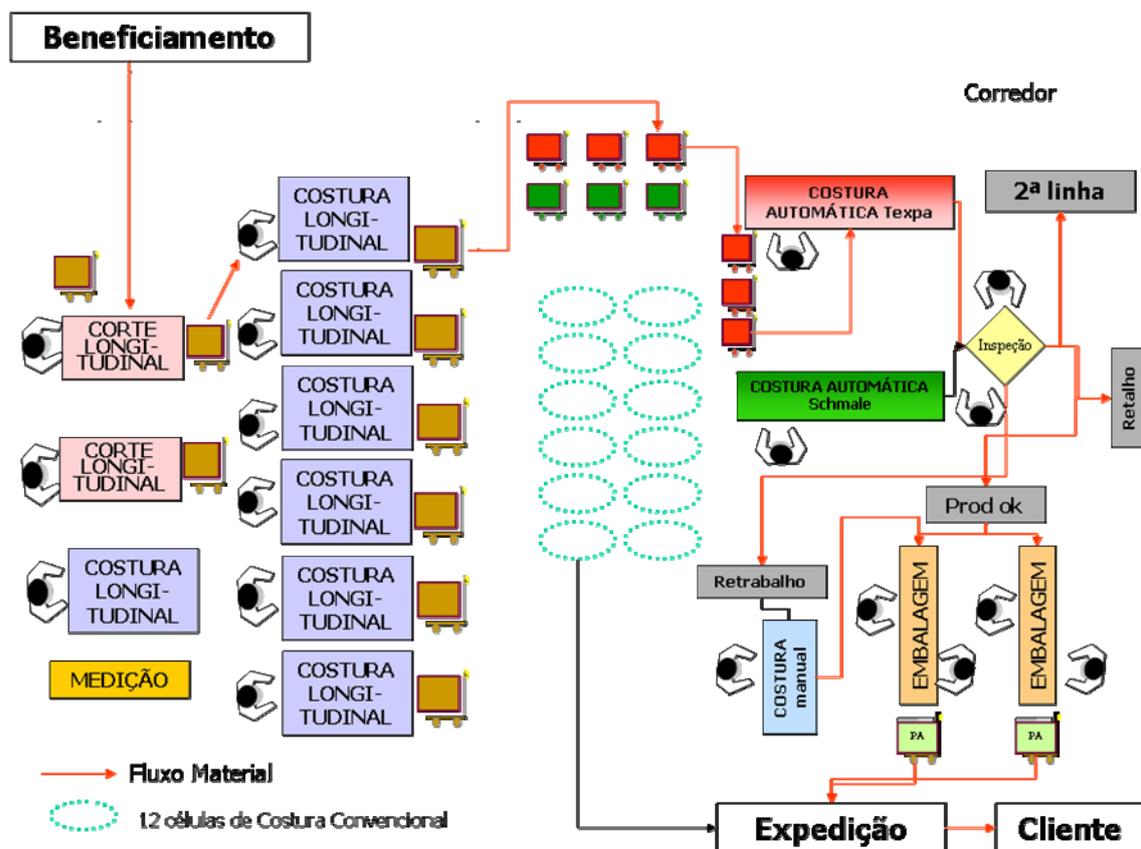


Figura 3.5 – *Layout* da costura automática da Confecção: estado futuro

Outra evolução foi o agrupamento das 12 células de costura convencional. Antes esse espaço era ocupado pela grande quantidade de estoques. O processo de corte transversal foi inserido nas células de costura convencional. Em relação ao final do processo, na inspeção e embalagem, devido à taxa de retrabalho ter diminuído, está-se projetando a instalação de uma esteira nas saídas das máquinas automáticas. Dessa forma, cada colaborador somente retira as peças que não estão boas. Antes era necessário transportar até uma mesa de trabalho e conferir uma a uma.

Com essas mudanças sendo planejadas, foi desenvolvido o MFV para o estado futuro da Confeção, apresentado na Figura 3.6. Os cálculos dos dias em estoques e tempos líquidos em processo e OCT para o lote de 642 peças do produto R foram refeitos seguindo a mesma sistemática do MFV para o estado atual, já apresentados. Para o MFV futuro, a Figura 3.6 aponta também algumas necessidades de melhorias adicionais, destacadas nas faixas, com o objetivo de agilizar o fluxo produtivo e de melhorar continuamente o processo, listadas como *kaizens*, entre elas reduzir mais o *setup* na costura automática e proceder a uma alteração de processo na Revisão e Embalagem.

O principal ganho foi a redução drástica dos estoques, tanto de matéria-prima como estoques intermediários e de produto acabado. Com a produção puxada, o tempo de colocação do pedido na fábrica reduziu de dois para um dia. Além disso, é o PCP que calcula a quantidade necessária de cartões *kanban*, já considerando a segurança do supermercado. O estoque inicial proveniente do Acabamento, antes de 2,5 dias, foi reduzido para 1 dia. Da mesma forma, o estoque de produto acabado, localizado na expedição, que antes era de 2,5 dias, passou a ser 1,5 dia. Esse valor foi uma limitação da empresa, com a justificativa de deixar o supermercado como uma estratégia de produto pronta entrega. Dessa forma, o supermercado da expedição ficou com 27 mil toalhas de banho. As mudanças de *setup* não foram tão significativas em virtude de a aplicação do MFV atual ter sido realizada quando muitas mudanças, entre elas programas de TRF, já haviam sido realizadas. O próprio índice de retrabalho, que estava em 5% no início de 2007, para o MFV futuro, teve uma redução para 2,3%. Com esse novo valor, para o lote mapeado de 642 peças, das 32 toalhas que tinham que ser refeitas no estado atual, no estado futuro passaram a ser 15 toalhas apenas.

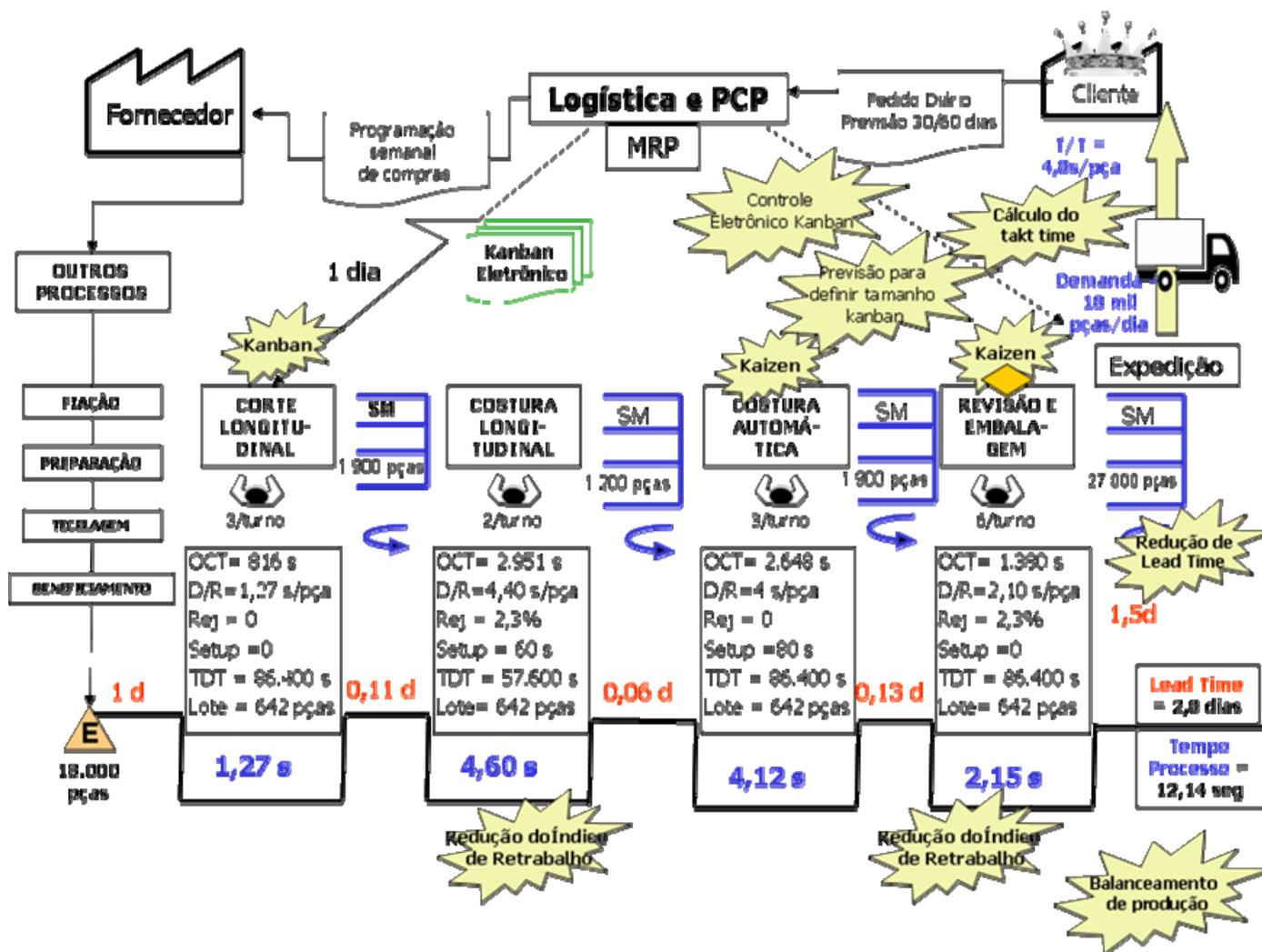


Figura 3.6 – Mapeamento do estado futuro da Empresa A

Assim, o MFV para o estado futuro projeta, com a redução dos estoques, um lead time de 2,8 dias, com um ganho de 4,49 dias em relação aos 7,29 dias do MFV do estado atual. Já o tempo líquido de processo foi alterado de 12,30 para 12,14 segundos em função da redução do retrabalho das peças. O *kanban* eletrônico está agendado para as próximas melhorias. Assim, o controle será eletrônico para todos os produtos, e a rastreabilidade será realizada na expedição. As ordens de produção serão substituídas por cartões *kanbans* com cálculos padronizados, conforme a demanda do cliente. De qualquer forma, com a implantação parcial (os *kaizens* continuam em andamento) do estado futuro, os ganhos atingidos com as melhorias foram:

- a) redução de 41% de estoque em processo (WIP): essa redução permitiu uma aproximação das máquinas e ganho de espaço físico;
- b) redução de 54% do índice de retrabalho: isso significa ganho de tempo, redução de custos de mão-de-obra, de máquina. Além disso, contribui para a motivação dos funcionários, visto que o defeito é algo não programado;
- c) produção puxada: os supermercados são controlados para atingir a demanda e balancear os processos. Dessa forma, com base também no histórico de vendas, é o cliente que inicia a produção;
- d) cartões *kanban*: o tempo de espera pela falta de material que existia não foi quantificado, porém a espera da chegada das ordens de produção pela substituição por cartões *kanban* liberou o PCP para planejar mais no médio e longo prazos;
- e) ferramentas da Manufatura Enxuta: entre elas a TRF, passaram a atuar mais fortemente entre os colaboradores. Ao testarem uma vez e comprovar que funciona, ter a experiência de participar das mudanças motiva-os a executar outras melhorias de processo.

Para simplificar, o quadro da Figura 3.7 compara as melhorias propostas e as obtidas com a passagem do MFV do estado atual para o estado futuro com a implantação das técnicas da Manufatura Enxuta na Confecção da Empresa A.

Antes (Estado Atual)	Depois (Estado Futuro)
Produção empurrada	Produção puxada
WIP 131.300 toalhas banho	WIP 77.000 toalhas banho (41%)
Retrabalho 5%	Retrabalho 2,3% (54%)
Falta de aviamentos	Não falta mais aviamentos, abastecimento direto das células
Problemas de qualidade	Redução dos problemas com programas de conscientização
2 dias para colocação pedido PCP na fábrica	1 dia para colocação pedido PCP na fábrica (50% redução tempo)
LT Confeção 7,29 dias	LT Confeção 2,8 dias (62%)
Falta de focalização	Focalização por cor e largura
Falta de espaço físico	Alteração de <i>layout</i>, ganho de espaço físico, 12 células na mesma área
Ordens de Produção	Cartões <i>kanban</i>
Pouco controle	Indicadores de controle de produção e <i>kaizens</i>

Figura 3.7 – Comparação do estado atual com o estado futuro da Empresa A

3.3 Aplicação do BME no Setor de Confeção da Empresa A

No caso da Empresa A, o mapeamento do fluxo de valor (estado atual e estado futuro) foi realizado antes do Benchmarking Enxuto, o que facilitou sua aplicação, visto que a equipe da Confeção (GIM) já havia adquirido e se familiarizado com os conceitos de ME. Outro ponto que facilitou essa aplicação foi que os demais setores da empresa (Fiação, Tecelagem e Beneficiamento) já haviam passado por essa ferramenta de avaliação.

Formada a equipe GIM, aplicaram-se os 37 indicadores no setor da Confeção da Empresa A, de acordo com o método desenvolvido pelo LSSP apresentado no capítulo anterior. Uma vez consolidados os dados obtidos para os indicadores, o resultado final, conforme pode ser visto na Figura 3.8, situa a Confeção no quadrante I, caracterizando-a como de nível desafiador. Esse índice foi calculado

pelas médias das quatro variáveis, ou seja, o índice geral de performance 62% é a média dos resultados de 48% de performance em Demanda, 55% em Produto, 64% em PCP e 80% no Chão de Fábrica. O índice de prática, pontuado na média em 65%, foi obtido dos resultados parciais de 47% em Demanda, 50% na variável Produto, 76% em PCP e 87% no Chão de Fábrica.

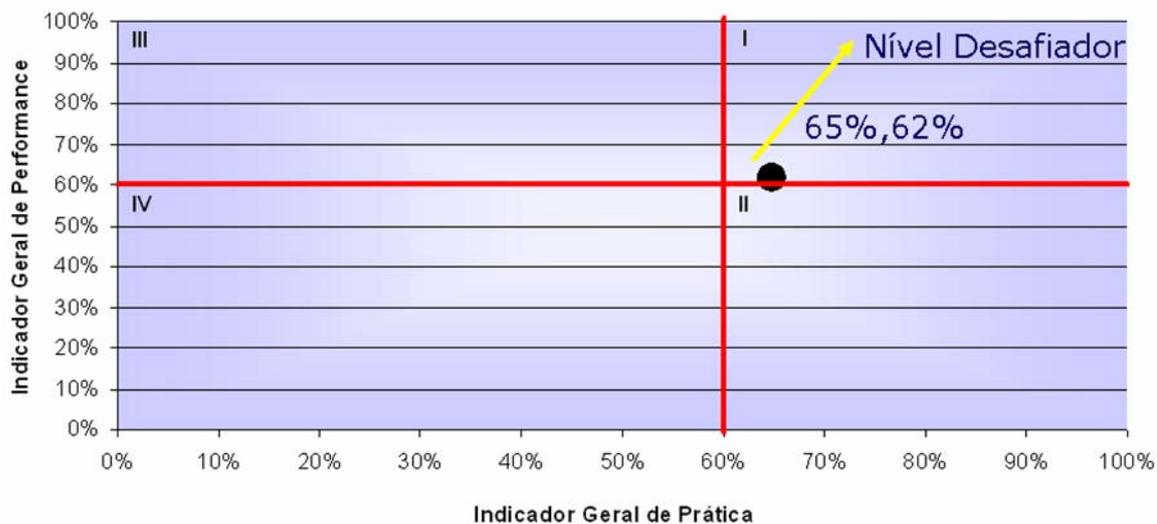


Figura 3.8 – Posição geral do setor de confecção da Empresa A

O gráfico radar da Figura 3.9 ilustra esses indicadores parciais de prática e performance para as quatro variáveis de pesquisa do método de BME, e compara-os ao nível padrão aceitável de 60%. Conforme se pode ver, nesse processo produtivo as performance e as práticas das variáveis Demanda e Produto estão aquém do padrão, exigindo ações de melhorias, enquanto as performance e práticas das variáveis Chão de Fábrica e PCP estão com uma pontuação acima do mínimo exigido pela Manufatura Enxuta. Observa-se que as variáveis Demanda e Produto apresentaram pontos mais fracos, ou seja, são itens de prioridade no plano de ação. Já as variáveis PCP e Chão de Fábrica tiveram os melhores desempenhos.

Partindo-se para a avaliação de cada indicador, a Figura 3.10 mostra o resultado do questionário aplicado sobre as variáveis Demanda, Produto, PCP e Chão de Fábrica, lembrando que cada indicador foi classificado em prática (PR) e performance (PF), assim como geral ou específico.

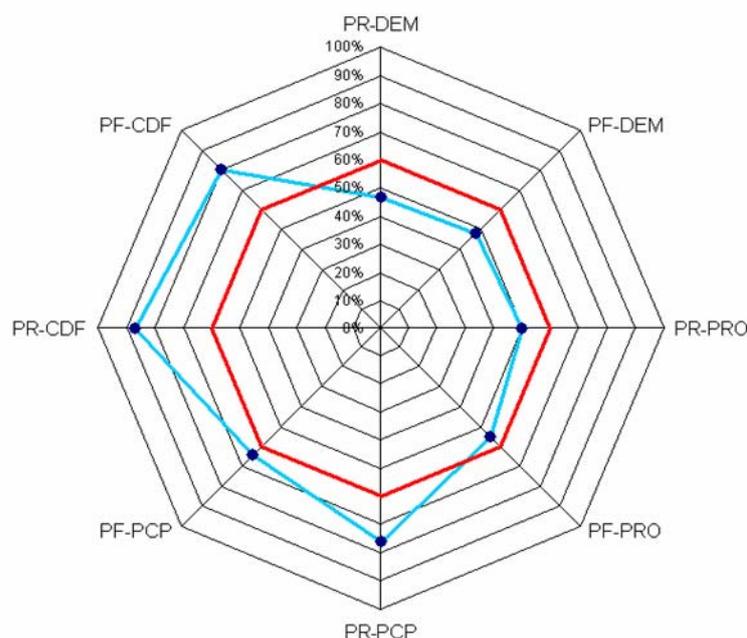


Figura 3.9 – Gráfico radar para os indicadores parciais de prática e performance

Iniciando-se a discussão com a variável Demanda da Figura 3.11, a Confiabilidade da Demanda (DEM-04) foi o principal problema encontrado nessa variável; está em apenas 20% na escala do método BME. Assim, mesmo que exista um contato com o cliente, a previsão estava relacionada ao histórico. Como o erro está no limite superior da previsão, o produto não falta para o cliente, mas há estoque de produto acabado ao final da coleção. Para produtos novos, que não possuem histórico, cada representante de vendas estima a quantidade com base em produtos da mesma família, caso exista, adicionando uma segurança e os pedidos confirmados de clientes. Outro indicador com oportunidade de melhoria é o DEM-02, que avalia a existência de um modelo formal baseado em ABC, conforme a representatividade dos produtos. Como na Empresa A todos os itens seguiam o mesmo modelo para estimar a demanda, não se utilizando a representatividade ABC para gerar um cuidado maior dos itens classe A, conforme sugere a ME, esse indicador ficou em 40%.

TIPO	INDICADORES			NOTA	PARCIAL	
DEMANDA						
PR	geral	DEM-01	Modelo de Previsão de Demanda	3	60%	47%
	específico	DEM-02	Gestão ABC da Demanda	2	40%	
	geral	DEM-03	Análise de mercado	2	40%	
PF	geral	DEM-04	Confiabilidade da previsão	1	20%	48%
	específico	DEM-05	Grau de concentração	3	60%	
	específico	DEM-06	Grau de frequência	2	40%	
	geral	DEM-07	Grau de demanda confirmada	3	60%	
	geral	DEM-08	Capacidade de resposta à demanda	3	60%	
PRODUTO						
PR	geral	PRO-01	Engenharia simultânea	2	40%	50%
	geral	PRO-02	Parametrização de projeto	2	40%	
	geral	PRO-03	Calendário de desenvolvimento	3	60%	
	geral	PRO-04	Negociação de pedidos especiais	3	60%	
PF	específico	PRO-05	Percentual de defeitos internos	3	60%	55%
	geral	PRO-06	Grau de variedade	3	60%	
	geral	PRO-07	Ciclo de vida	2	40%	
	geral	PRO-08	Percentual de sobra	3	60%	
PCP						
PR	geral	PCP-01	Planejamento-mestre da produção	3	60%	76%
	geral	PCP-02	Cálculo das necessidades de materiais	3	60%	
	específico	PCP-03	Análise de capacidade de produção	3	60%	
	geral	PCP-04	PCP setorial	5	100%	
	geral	PCP-05	Sistema integrado de programação	5	100%	
PF	geral	PCP-06	Ciclo de planejamento e programação	3	60%	64%
	específico	PCP-07	Percentual de pontualidade	3	60%	
	específico	PCP-08	Percentual de agregação de valor	3	60%	
	específico	PCP-09	Giro dos estoques	4	80%	
	específico	PCP-10	Percentual de horas-extras	3	60%	
CHÃO DE FÁBRICA						
PR	específico	CDF-01	Flexibilidade de volume	5	100%	87%
	específico	CDF-02	Troca rápida de ferramentas	5	100%	
	específico	CDF-03	Focalização da produção	5	100%	
	geral	CDF-04	Manutenção produtiva total	3	60%	
	específico	CDF-05	Programa de polivalência	3	60%	
	específico	CDF-06	Rotinas de operação padrão	5	100%	
PF	específico	CDF-07	Índice de nivelamento	5	100%	80%
	específico	CDF-08	Percentual de setup	5	100%	
	específico	CDF-09	Índice de produtividade	5	100%	
	específico	CDF-10	Índice de paradas não programadas	3	60%	
	específico	CDF-11	Índice de polivalência	2	40%	

Figura 3.10 – Resultado da aplicação dos indicadores na Confecção da Empresa A

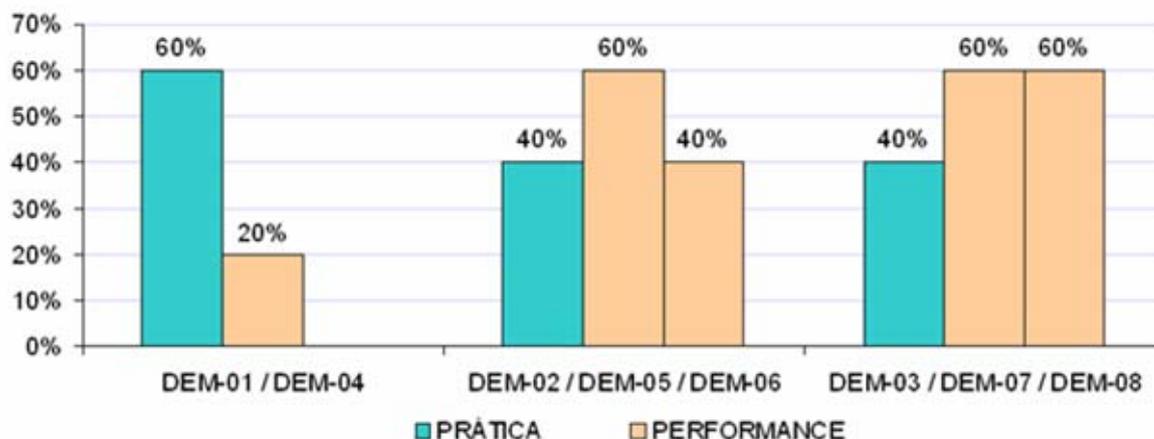


Figura 3.11 – Indicadores da variável Demanda aplicados na Confeção da Empresa A

Quando aplicado o BME, a Empresa A não possuía um modelo formal de comunicação com os clientes. Em função disso, o DEM-06 (Análise de Mercado) foi pontuado com a nota 2 (40%). Porém, mais recentemente, a empresa investiu em softwares e canais de comunicação com o cliente porque, a partir desses diagnósticos (BME e MFV) realizados na empresa, acredita-se que haverá uma melhoria de modo geral para a previsão de demanda.

Já a variável Produto do BME fornece uma base para analisar o projeto enxuto, ou seja, o trabalho de desenvolvimento de novos produtos deve ser resultado de um processo de criação conjunta reunindo diferentes setores com a aplicação da engenharia simultânea. O MFV é falho nesse quesito. O único ponto abordado indiretamente é na escolha da família de produto ou do produto específico, geralmente determinado a partir do maior volume de vendas. Então, a aplicação do BME novamente complementou a aplicação do MFV. Para a Empresa A, no MFV não foram abordados fornecedores em virtude de a matéria-prima principal ser proveniente de processos internos anteriores à Confeção.

Conforme se pode ver na Figura 3.12, a aplicação do BME para a variável Produto mostrou que novamente ocorreu um equilíbrio entre prática e performance, 50% e 55%, respectivamente. Essa variável, associada à Demanda, forma o grupo com pontos mais fracos do que fortes, em virtude da pontuação geral inferior a 60%.

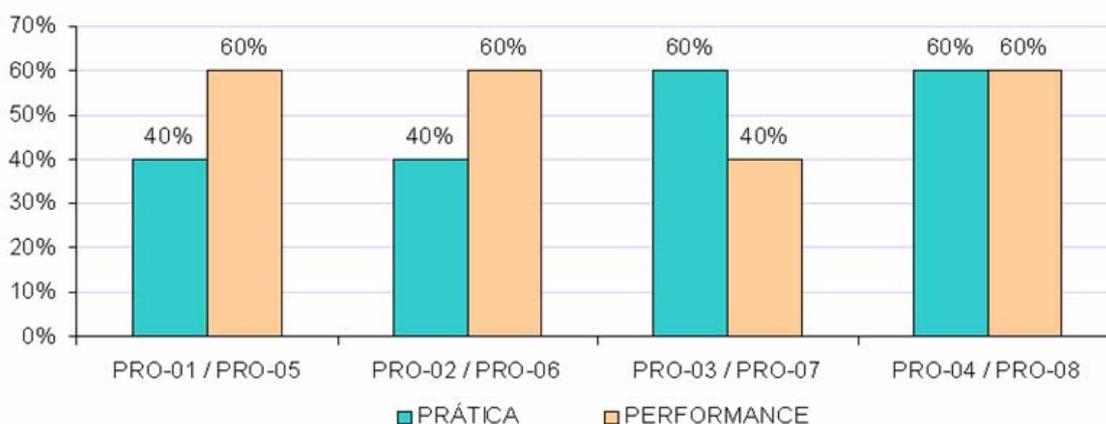


Figura 3.12 – Indicadores da variável Produto aplicados na Confeção da Empresa A

O BME mostrou que a Empresa não possui um processo formal de desenvolvimento de produto em grupo (PRO-01), pois essa tarefa é assumida apenas pela equipe de design, que possui o conhecimento do processo para introduzir novos produtos. Devido à quantidade dos processos existentes, não há restrições quanto a fatores limitadores de novos produtos (pontuou-se com nota 2 o PRO-02), o que acaba gerando roteiros variados. O terceiro ponto deficiente na variável Produto foi o Ciclo de Vida (PRO-07), pois a relação entre vigência do portfólio e o ciclo de programação foi 5, levando o indicador para a nota 2 (40%). Por se tratar de um indicador geral, apesar de na Confeção o *lead time* ser rápido, o *lead time* no indicador considera todos os processos, desde a fiação, levando o valor do indicador para baixo.

Com relação à dinâmica de planejamento e controle da produção, o funcionamento eficiente do PCP evidenciou-se através da boa pontuação no BME dessa variável, conforme se pode ver no gráfico da Figura 3.13. No BME identificou-se que o planejamento é mensal, verificado também no MFV atual e futuro pelas previsões de 30/60 dias enviadas pelo cliente. A presença do MRP como ferramenta de PCP foi também identificada diretamente nos mapeamentos, interagindo no BME com o indicador PCP-02 (Cálculo das Necessidades de Materiais). A pontualidade levantada pelo BME se relacionou com o supermercado da Expedição e o tempo de ciclo do processo de 3,6 segundos/peça. Dessa forma, operando com 75% da capacidade, gastam-se 64.800 segundos na produção diária de 18 mil toalhas R. O

percentual de agregação de valor (PCP-08) já foi calculado relacionando-se o *lead time* do estado futuro, visto que o BME foi aplicado após as melhorias do MFV do estado futuro. Como se reduziu o *lead time* total da Empresa A de 56,50 dias para 33 dias, a pontuação de PCP-08 atingiu uma classificação intermediária, mas pode ser melhorada segundo o BME. E, uma vez que o MFV dos estados atual e futuro levou à substituição das ordens de produção convencionais por cartões *kanbans* na Confecção, os indicadores PCP-4, que medem a existência do PCP setorial, e o PCP-05, que avalia a existência de um sistema integrado (puxado/empurrado) de programação, atingiram sua pontuação máxima (100%), pois estão implantados.

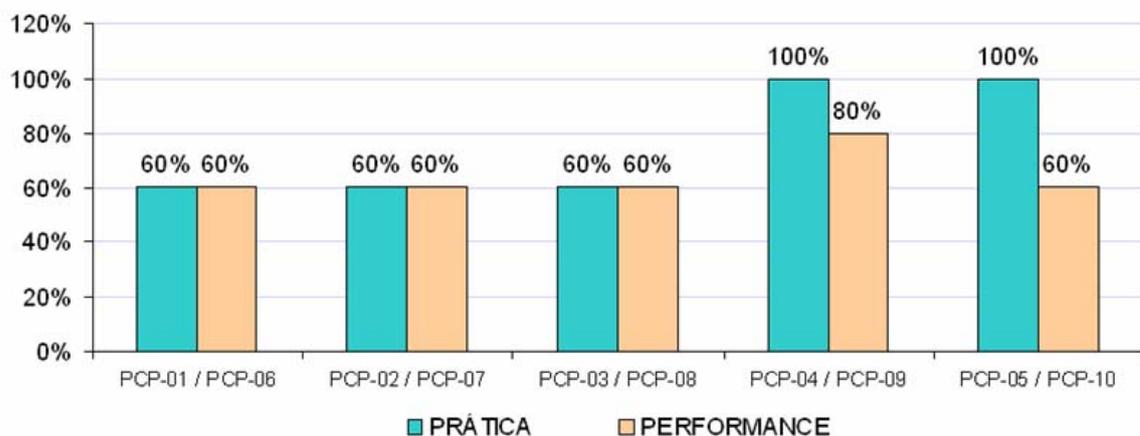


Figura 3.13 – Indicadores da variável PCP aplicados na Confecção da Empresa A

A existência de PCP setoriais (PCP-04) é um ponto forte porque descentraliza informações, contribuindo para decisões ágeis. O pedido que no MFV atual levava dois dias para entrar em produção, com a implantação do MFV futuro, foi reduzido para um dia. O mesmo se aplica ao sistema integrado de programação (PCP-05), pontuado com nota máxima. Assim, o fato de a empresa possuir um sistema integrado para gerenciar fluxos puxados e empurrados (já implantado anteriormente em outras áreas) mostrou que há estrutura para gerenciar o fluxo híbrido. Outro indicador positivo foi o giro de estoques (PCP-09), que no caso é semanal, em média, quando considerados todos os tipos de inventários (matéria-prima, produto acabado e em processo). Dada a hipótese comprovada no Benchmarking Made in Europe de que “melhores práticas levam a melhores performance” (ANDRADE, 2007), como os indicadores de prática do PCP atingiram 76%, conseqüentemente, os de performance

atingiram 64%, ultrapassando os valores do nível intermediário, ou seja, o PCP da Empresa já está mais voltado para a ME.

Finalmente, para o Chão de Fábrica, conforme se pode ver na Figura 3.14, detalhada por indicador, o BME identificou 87% de prática e 80% de performance, sendo esses os melhores resultados entre as quatro variáveis de pesquisa do BME. Em vários dos indicadores do Chão de Fábrica (CDF-01, CDF-07, CDF-02, CDF-08, CDF-03, CDF-09 e CDF-06), a excelência foi encontrada. Nesse aspecto, quando foi realizado o MFV, ele também mostrou a existência da Troca Rápida de Ferramentas na Empresa A, seja através de *setups* inexistentes (focalização) ou de valores pequenos. Essa é uma das ferramentas que foi mais desenvolvida pela empresa através de *kaizens*. Ao realizar o MFV atual, já se notaram os *setups* iguais a zero no Corte Longitudinal e na Revisão e Embalagem. Na Costura Longitudinal, o *setup* foi de apenas 60 segundos para regulagens iniciais e, na costura automática, foi de 80 segundos para a alimentação da máquina com linha e etiquetas. Assim, o BME também apontou de duas formas essa ferramenta, pontuando 100% nos indicadores CDF-02 e CDF-08.

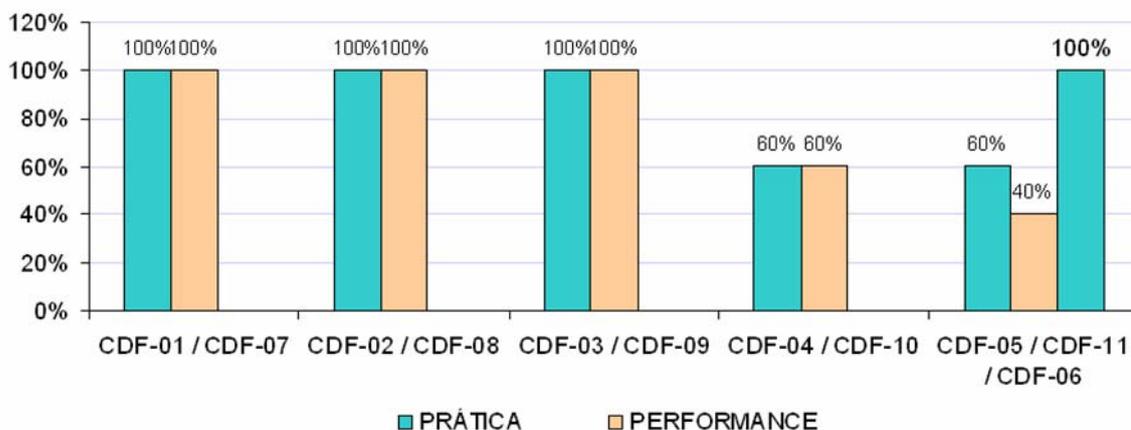


Figura 3.14 – Indicadores da variável Chão de Fábrica da Empresa A

Quanto aos indicadores que obtiveram a excelência no Chão de Fábrica da Empresa A, iniciando-se por CDF-01 – flexibilidade relacionada ao tamanho das máquinas –, na Confecção com máquinas pequenas, quando comparada à Tecelagem e Beneficiamento, a flexibilidade se mostrou presente. As duas máquinas de corte

longitudinal, 7 de costura longitudinal, 2 de costura automática, as 12 células com máquinas de costura convencional, as 2 mesas com 6 colaboradores por turno na revisão e embalagem e uma costureira destinada a retrabalhos são suficientes para equilibrar as eventuais variações de demanda. Através da pontuação máxima em CDF-07 (Índice de Nivelamento), a empresa utiliza essa estrutura flexível para buscar lotes unitários (por cliente) com fator de nivelamento inferior a 1,1. A relação entre o lote médio de produção e o lote médio pedido pelo cliente não possui restrição, pois para o produto R, foco do mapeamento, as embalagens são compostas de duas toalhas, que, se necessário, podem inclusive ser desfeitas em unidades.

Mais um ponto forte do Chão de Fábrica visualizou-se através de CDF-03, em que as mais de 30 famílias existentes são focalizadas. Isso significa que, ao serem programadas, já é sabida a máquina em que entrarão, bem como o tempo de *setup*. Assim, mais de 50% da capacidade instalada estava focalizada para famílias específicas de itens, priorizando as dimensões da toalha e a cor da linha de costura. Com o MFV e a implantação da ME, as metas foram superadas. Isso fez com que, inclusive, a Engenharia reformulasse as taxas de produtividade. Como o BME foi aplicado após o MFV futuro, o CDF-09 ficou com nota 5, em que a produtividade real situou-se acima da projetada.

Por fim, com relação ao indicador CDF-06, que avalia a existência de rotinas de operações padrão (ROP), foi identificado que na Confecção há folhas de ROP e planilhas de controle de produção junto aos postos de trabalho. Esse indicador está mais presente nas células de trabalho, processo que não foi abordado no MFV, pois nele foi mapeado o produto R, que não tem seu roteiro passando pelas células.

3.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo o método de Benchmarking Enxuto e do Mapeamento do Fluxo de Valor foi aplicado na Empresa A. Essa empresa representa um modelo de Manufatura Enxuta para o setor têxtil, estando bem avançada na aplicação das ferramentas e com rotinas diárias de melhoria contínua, o que facilitou a aplicação dos métodos em estudo.

No sentido de atender aos objetivos propostos no capítulo inicial desta dissertação, no próximo capítulo será apresentado o estudo de caso na Empresa B, com a aplicação do MFV e do BME em uma empresa com características distintas da aplicação feita neste capítulo.

4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA B

Este capítulo tem por objetivo descrever o estudo de caso da Empresa B com a aplicação dos métodos Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e Benchmarking Enxuto (BME). Para a Empresa B, que trabalha com grandes lotes no setor de eletrônica, focada na produção sob encomenda, o que teoricamente dificulta a aplicação da ME, o MFV do estado atual foi realizado, e o MFV do estado futuro foi gerado mas ainda não foi implantado, de forma que o BME foi aplicado em paralelo com o MFV do estado atual.

Neste capítulo, inicialmente, a empresa e seu sistema produtivo são apresentados com foco no detalhamento do setor objeto do estudo de caso. Na sequência, é apresentado o BME realizado para o estado atual em que se encontrava a empresa. Em seguida, de forma a permitir as comparações, é detalhada a aplicação do MFV do seu estado atual e proposto um estado futuro, ainda não implantado.

4.1 Introdução: Empresa B e seu Sistema Produtivo

A Empresa B, do ramo eletrônico, atua na montagem e soldagem de placas de circuito impresso (PCI) em grandes séries. Localiza-se em Florianópolis desde 2002 e atualmente possui 90 funcionários e cerca de oito tipos de placas eletrônicas em seu portfólio. Em regime de parceria, utiliza a mesma planta de um “Laboratório Fábrica” de suporte à produção de pequenas séries de placas eletrônicas, que realiza atividades de capacitação, pesquisa, desenvolvimento, prototipagens e pré-séries.

Nessa empresa aplicaram-se o BME e o MFV, nessa ordem, para o processo produtivo da placa eletrônica escolhida, que no caso foi uma placa-mãe. Embora a produção seja puxada pelo cliente, não há evidências de ferramentas enxutas no Chão de Fábrica, pois os lotes são grandes, e a produção é programada conforme contrato com fábricas que enviam a matéria-prima. O fluxo do processo e informações é mais bem detalhado na aplicação do MFV.

A Figura 4.1 exemplifica as etapas que compõem a fabricação da placa-mãe. Esse produto inicia-se na máquina de inserção automática, onde ocorre a aplicação da pasta de solda, inserção discreta SMD, inserção exata SMD, inserção BGA e soldagem por refusão. Após a inspeção elétrica – *In Circuit Test* –, as placas com problemas seguem para um setor específico de reparos, e as demais seguem para a macroetapa de inserção manual, composta das seguintes fases: alimentação da linha, inserção manual dos componentes, soldagem por onda, acabamento, revisão de solda e PTH. Após, há o teste funcional em todo o lote, e as peças com qualidade são embaladas e expedidas.

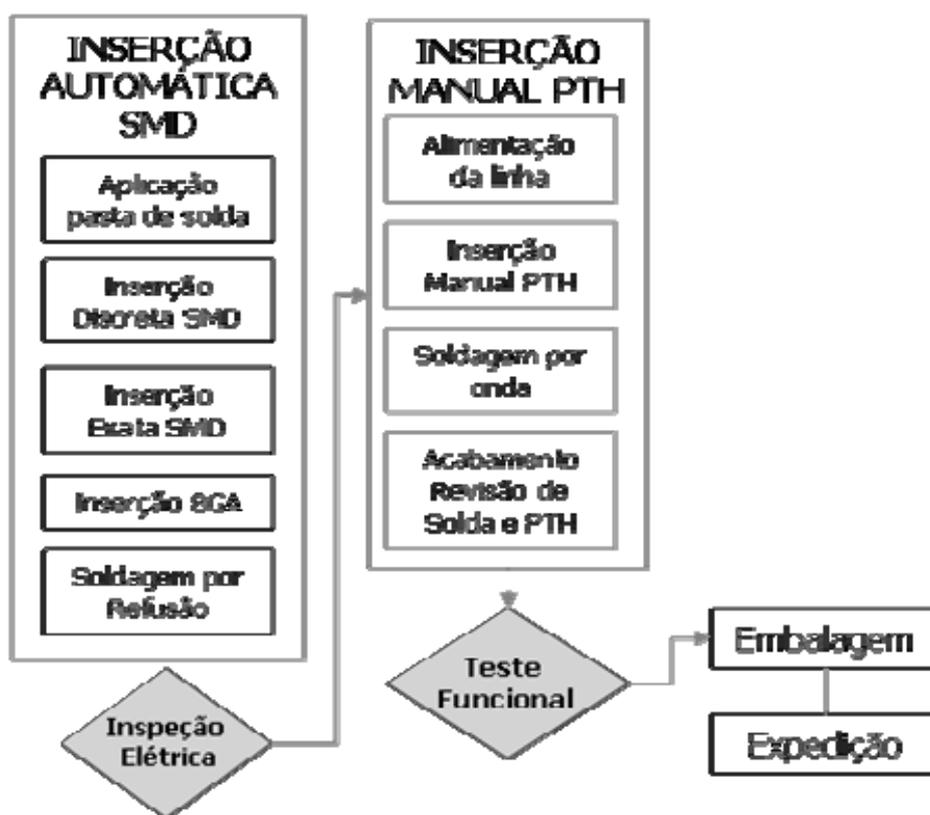


Figura 4.1 – Subprocessos dos processos inserção automática e manual

De forma geral, a seqüência consiste no envio do pedido pelo cliente, assim como os kits de componentes (matéria-prima), que são conferidos e armazenados no almoxarifado. A partir do PCP, que emite a ordem de produção, o almoxarifado separa o material para a produção diária e transporta-o até cada posto de trabalho. Inicia-se o *setup*, maior gargalo existente na empresa, pois, para a montagem automática, é necessário programar onde deve ser montado cada componente. Na

seqüência, a produção segue na máquina automática (SMD), e por fim as placas são inspecionadas de forma visual e por teste elétrico. Caso a placa tenha algum defeito, retorna ao processo inicial. As peças boas seguem o fluxo para a máquina de inserção manual (PTH), onde serão testadas e embaladas. Caso tenham defeito, passam pelo setor de consertos.

Uma das características do processo da Empresa B, é que nem todas as placas seguem o mesmo fluxo de processo. Algumas passam pela máquina automática e manual juntamente, às vezes somente há inserção PTH e às vezes somente a SMD, ou, ainda, uma placa pode ter inserção nos dois lados (inserção *bottom* e inserção *top*), necessitando passar duas vezes pelo mesmo fluxo de processo. A Figura 4.2 esquematiza o fluxo do processo. Convém lembrar que SMT e THT são referentes à tecnologia, enquanto SMD e PTH são relacionados aos componentes. Por exemplo, um componente SMD é montado no processo SMT.

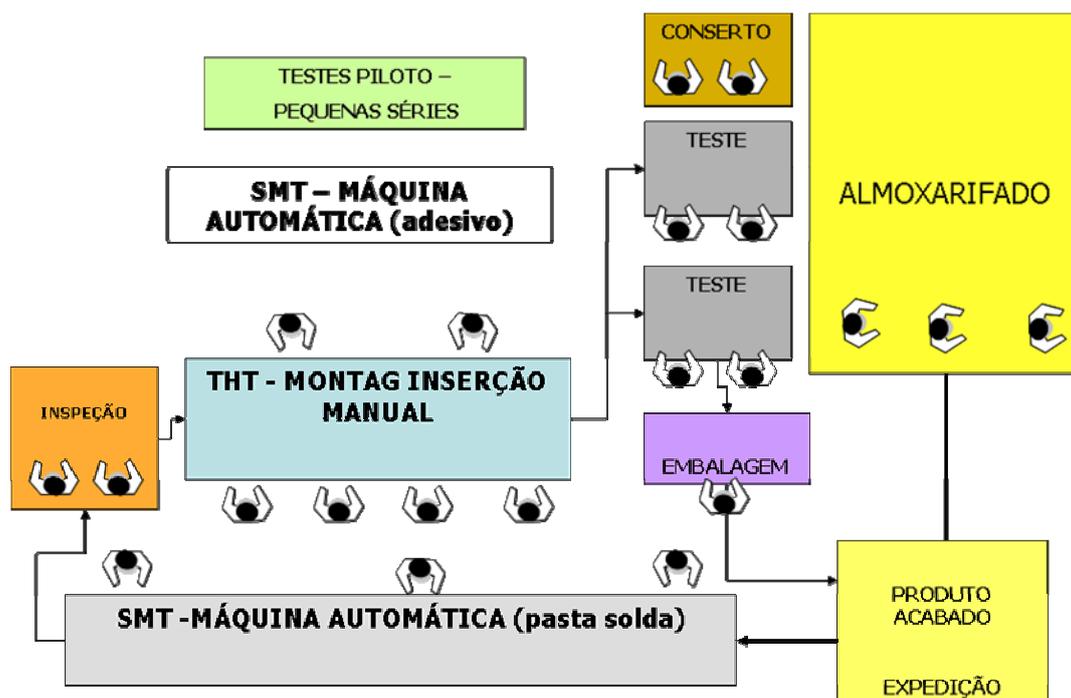


Figura 4.2 – Fluxo do processo da Empresa B

4.2 Aplicação do BME na Empresa B

Para a aplicação da ferramenta Benchmarking Enxuto, esteve envolvida apenas a equipe de engenharia, responsável pelo desenvolvimento de projetos e tecnologias, mas que possui amplo conhecimento do processo produtivo. As informações foram sigilosas e não muito detalhadas, em virtude de a empresa ser fornecedora de multinacionais. De forma geral, em relação à Manufatura Enxuta, a empresa ficou posicionada no quadrante mais crítico – baixas práticas e baixas performance. A Figura 4.3 mostra o posicionamento da Empresa B.

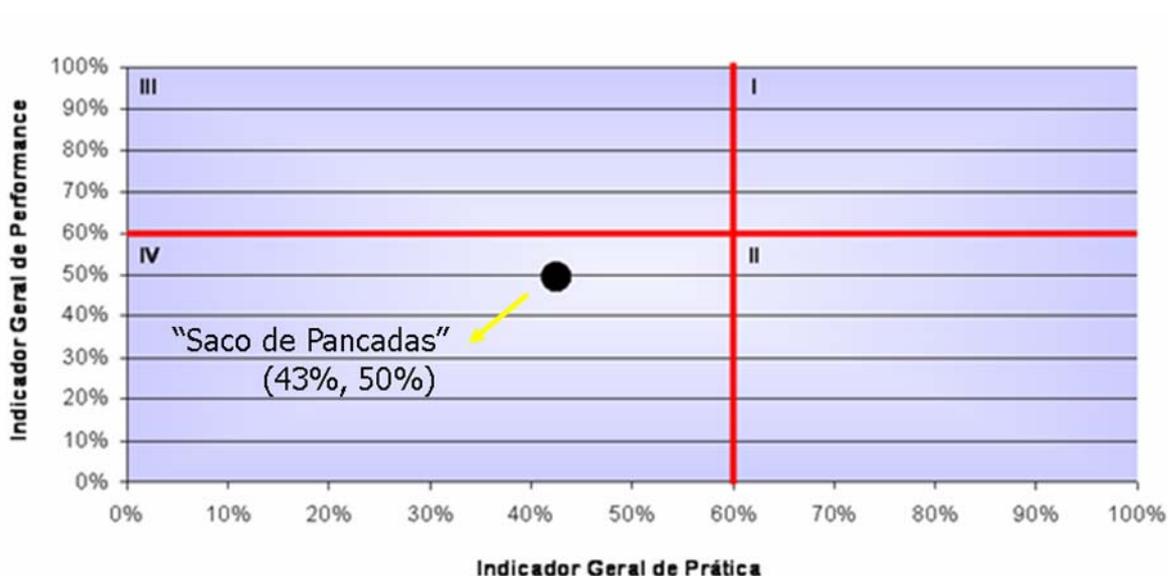


Figura 4.3 – Posicionamento geral da Empresa B

Na Figura 4.4, fica destacado através do gráfico radar que a Empresa B possui boas práticas de produto porque tem a ênfase na engenharia de projetos bem desenvolvida. Devido à característica da empresa ser de trabalhar com pequenas séries, mas com muita variedade e com pedidos sob encomenda, os indicadores de Demanda sob a ótica da Manufatura Enxuta pontuaram insatisfatoriamente. Assim, não existe um modelo de previsão de demanda, nem a gestão ABC para classificar os produtos; além disso, os graus de concentração e de frequência são baixos e não há confiabilidade na previsão. O pedido que é confirmado, é fabricado sem ter uma regra

de prioridade definida. Há momentos em que é conforme o grau de importância do cliente, outros de acordo com a matéria-prima disponível e, às vezes, segue o FIFO (primeiro pedido que entra é o primeiro pedido que sai).

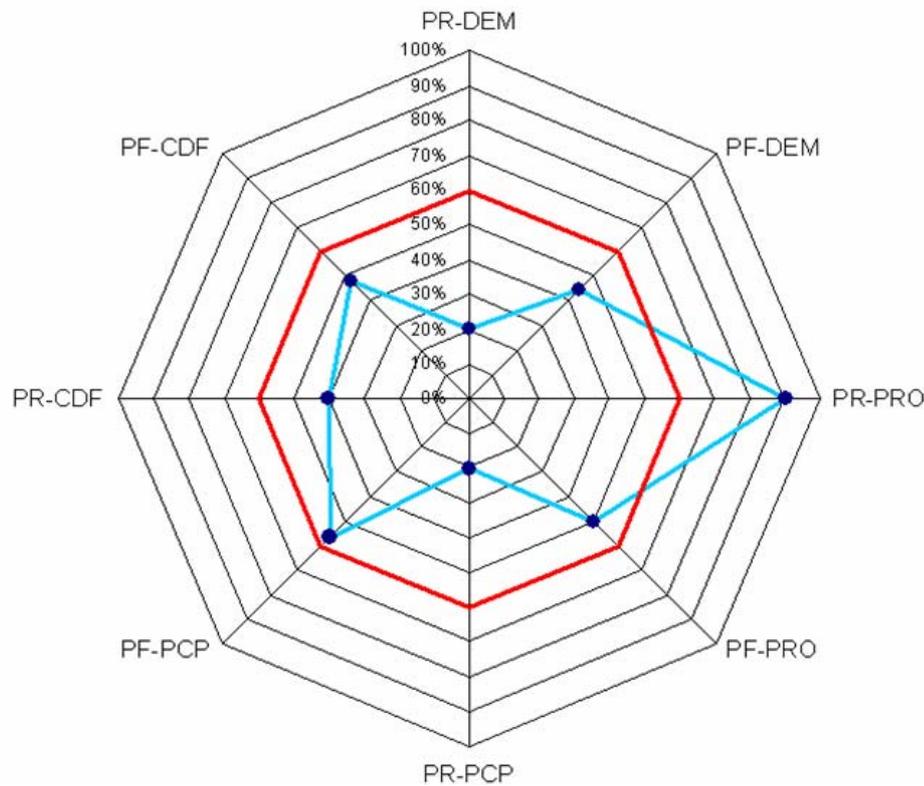


Figura 4.4 – Gráfico radar da Empresa B

Seguindo o Benchmarking Enxuto, na Figura 4.5, há a descrição da nota de cada indicador avaliado. De forma geral, percebe-se que nesse caso a empresa analisada não implementou a Manufatura Enxuta, evidenciado nos indicadores de Chão de Fábrica pela falta de polivalência, flexibilidade, falta de focalização da produção, entre outros. O indicador “manutenção produtiva total” merece destaque, em virtude de a empresa ter adquirido um software e investido nessa área, controlada pela equipe de planejamento.

TIPO	INDICADORES			NOTA		PARCIAL
DEMANDA						
PR	geral	DEM-01	Modelo de Previsão de Demanda	1	20%	20%
	especifico	DEM-02	Gestão ABC da Demanda	1	20%	
	geral	DEM-03	Análise de mercado	1	20%	
PF	geral	DEM-04	Confiabilidade da previsão	1	20%	44%
	especifico	DEM-05	Grau de concentração	1	20%	
	especifico	DEM-06	Grau de frequência	1	20%	
	geral	DEM-07	Grau de demanda confirmada	5	100%	
	geral	DEM-08	Capacidade de resposta à demanda	3	60%	
PRODUTO						
PR	geral	PRO-01	Engenharia simultânea	5	100%	90%
	geral	PRO-02	Parametrização de projeto	4	80%	
	geral	PRO-03	Calendário de desenvolvimento	5	100%	
	geral	PRO-04	Negociação de pedidos especiais	4	80%	
PF	especifico	PRO-05	Percentual de defeitos internos	1	20%	50%
	geral	PRO-06	Grau de variedade	1	20%	
	geral	PRO-07	Ciclo de vida	3	60%	
	geral	PRO-08	Percentual de sobra	5	100%	
PCP						
PR	geral	PCP-01	Planejamento-mestre da produção	1	20%	20%
	geral	PCP-02	Cálculo das necessidades de materiais	1	20%	
	especifico	PCP-03	Análise de capacidade de produção	1	20%	
	geral	PCP-04	PCP setorial	1	20%	
	geral	PCP-05	Sistema integrado de programação	1	20%	
PF	geral	PCP-06	Ciclo de planejamento e programação	1	20%	56%
	especifico	PCP-07	Percentual de pontualidade	4	80%	
	especifico	PCP-08	Percentual de agregação de valor	3	60%	
	especifico	PCP-09	Giro dos estoques	2	40%	
	especifico	PCP-10	Percentual de horas-extras	4	80%	
CHÃO DE FÁBRICA						
PR	especifico	CDF-01	Flexibilidade de volume	2	40%	40%
	especifico	CDF-02	Troca rápida de ferramentas	1	20%	
	especifico	CDF-03	Focalização da produção	2	40%	
	geral	CDF-04	Manutenção produtiva total	4	80%	
	especifico	CDF-05	Programa de polivalência	2	40%	
	especifico	CDF-06	Rotinas de operação padrão	1	20%	
PF	especifico	CDF-07	Índice de nivelamento	3	60%	48%
	especifico	CDF-08	Percentual de setup	3	60%	
	especifico	CDF-09	Índice de produtividade	3	60%	
	especifico	CDF-10	Índice de paradas não programadas	2	40%	
	especifico	CDF-11	Índice de polivalência	1	20%	

Figura 4.5 – Indicadores da aplicação do BME na Empresa B

Inicia-se a análise pela variável Demanda do BME. O gráfico de barras da Figura 4.6 demonstra que a maioria dos indicadores pontuou no nível básico, com exceção de DEM-08, que atingiu o nível intermediário (60%) e DEM-07, a excelência. Assim, as performance atingiram 44%, e as práticas, 20%. De forma geral, quando vista da ótica da ME que necessita de previsões para planejar o sistema produtivo, empresas que trabalham num ambiente de manufatura ETO possuem realmente deficiências na administração da variável Demanda, inerentes ao negócio em que estão inseridas.

Devido à característica da empresa, em função de a demanda depender diretamente do contrato do cliente, não há um modelo formal de previsão (DEM-01). Relacionando com DEM-04, confiabilidade da previsão, o erro médio foi estimado em 40% acima da demanda prevista. Ao não existir previsão, não há como medir a confiabilidade.

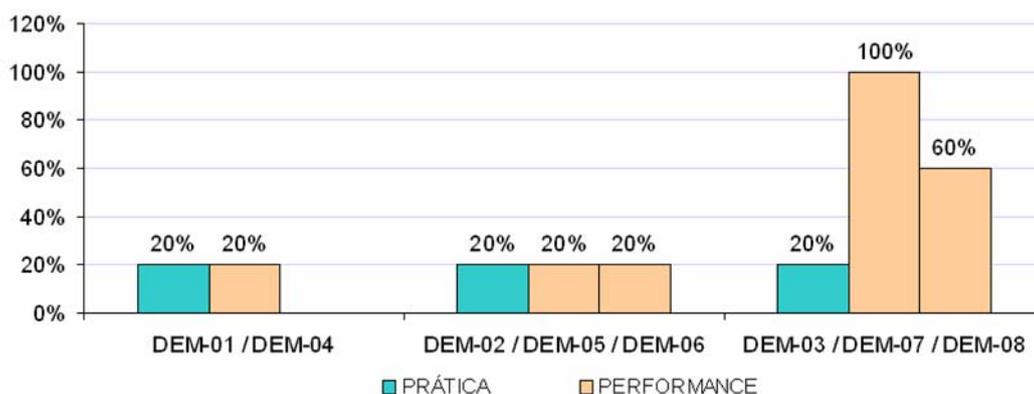


Figura 4.6 – Indicadores da variável Demanda na Empresa B

Seguindo ao próximo conjunto de indicadores da Figura 4.6, a gestão ABC, o grau de concentração e o grau de frequência, DEM-02, DEM-05 e DEM-06, respectivamente, estão relacionados ao portfólio. Como a variedade máxima são 8 produtos, e a flexibilidade permite no máximo dois tipos estarem em produção no mesmo período, esse grupo também pontuou no nível básico. Conforme o *lead time* médio de cada item e o tamanho do lote, o tempo de fabricação comum é de 200 dias, assim é praticamente semestral a frequência. No BME a pontuação um indica

que os itens têm frequência mensal, mas nesse caso nem a pontuação mínima é utilizada pela Empresa B.

E, finalizando, não há a Análise de Mercado em virtude de a empresa ser intermediária no processo, atuar na montagem de placas e não interagir diretamente com o cliente final. O indicador DEM-07, único com 100% dessa variável, pontuou assim porque o pedido é confirmado totalmente e recebida a matéria-prima do cliente quando dispara a produção. A capacidade de resposta à demanda também foi um ponto positivo da Demanda porque a previsão é enviada e confirmada pelo cliente anualmente no contrato. O mesmo se aplicou ao prazo de entrega prometido.

Em relação ao BME para a variável Produto, esta se mostrou mais bem posicionada, atingindo 90% de prática e 50% de performance. A estrutura para o projeto do produto é bem desenvolvida, envolvendo a participação de várias áreas multifuncionais para, no final, atender às necessidades dos consumidores. Slack et al. (2006) determinam que o produto é composto de três aspectos: um *conceito*, que é o conjunto de benefícios esperados que o consumidor está comprando; um *pacote* de produtos e serviços componentes, que proporcionam os benefícios definidos no conceito; e o processo, pelo qual a operação produz o pacote de produtos e serviços componentes. Dessa forma, esses passos são bem detalhados, e o indicador PRO-01 evidencia a excelência através da engenharia simultânea. Entretanto, ao observar a Figura 4.7, o percentual de defeitos internos (PRO-05) é alto, evidenciando o desequilíbrio entre os setores de projeto de produto e a produção. Quanto a esse indicador, na empresa o índice de defeitos está em 12%, enquanto o cliente permite no máximo 2%, sendo o padrão do BME de 0,01%.

Olhando a empresa como um todo e considerando que 25% da utilização da planta é destinada à pesquisa e desenvolvimento, Slack et al. (2006) reforçam esse indicador com o dado que 5,8% das vendas é gasto com P&D no ramo eletrônico, ficando atrás apenas das indústrias farmacêutica (16,1%), de serviços e saúde (9%) e da indústria de equipamentos de escritório e serviços (8,3%).

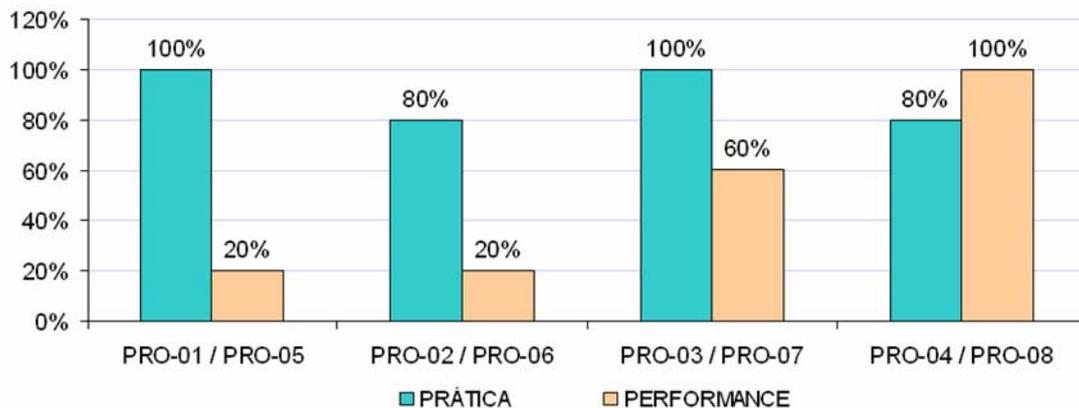


Figura 4.7 – Indicadores da variável Produto na Empresa B

Justificando, o indicador PRO-02 reforçou que há parâmetros de projetos bem definidos, com prazos de execução, *check-lists*, da idéia ao conceito, passando pela prototipagem. Porém, é preciso ter o cuidado para não gerar um excesso de documentos, o que pode retardar o lançamento de um produto. Slack et al. (2006) exemplificam:

[...] processos de decisão burocráticos e incômodos em desenvolvimento de produtos e serviços podem sufocar a competência técnica. Uma das razões freqüentes citadas, pela a qual a IBM não conseguiu dominar o mercado de computadores pessoais, apesar de ter determinado o padrão para tais produtos, é que foi empurrada para fora do mercado por concorrentes menores, mais ágeis e mais competentes. Em geral, os produtos simplesmente chegaram ao mercado demasiadamente tarde. Os produtos teriam chegado mais ou menos um ano depois da data em que seriam uma boa idéia.

Em contrapartida, o indicador PRO-06 pontuou com nota 1, entendendo como o número de itens dentro da família cada componente que compõe a placa de circuito impresso, que geralmente são centenas.

Como ponto forte da variável Produto na Empresa B, PRO-03 foi um indicador que atingiu a excelência, mostrando que há um calendário bem definido para o

desenvolvimento de todos os novos produtos, projetos planejados através de parcerias com outras instituições que queiram tecnologias no ramo eletrônico. PRO-07 situou-se no nível intermediário, sendo que se considerou em média a vigência de um portfólio de três anos.

Conforme já descrito, como há a parametrização de projeto e considerando os pedidos como especiais, tanto de pequenas como grandes séries, para PRO-04 os pedidos automaticamente são especificados, sendo esse o procedimento padrão na Empresa B. Tratando da sobra (PRO-07), principalmente de produto acabado, isso não ocorre neste estudo de caso. Assim, a empresa pontuou com a excelência, sendo o seu problema divergente: quando a taxa de defeitos está fora dos padrões estabelecidos pelo cliente, e considerando que ele envia os *k/its* de componentes para a montagem, o percentual de sobra classificar-se-ia como negativo; faltam placas na expedição.

Quando analisada a variável PCP, tem-se na Empresa B um caso atípico, em que as performance prevalecem sobre as práticas, com esses índices apontando em 56% e 20%, respectivamente. Os indicadores PCP-01 e PCP-06 ficaram equilibrados no nível básico. Olhando a Figura 4.8 e acompanhando o perfil da empresa até o momento, percebeu-se que não há o plano-mestre; o PCP atua na estratégia de longo prazo e na programação em curto prazo. Mas, de certa forma, o plano-mestre e o PCP de curto prazo ficam agrupados, em virtude da frequência da programação. Assim, devido ao tamanho do lote ficar em produção por mais de 200 dias sem contabilizar o *lead time* do PCP, o ciclo de planejamento tem frequência entre bimestral e semestral.

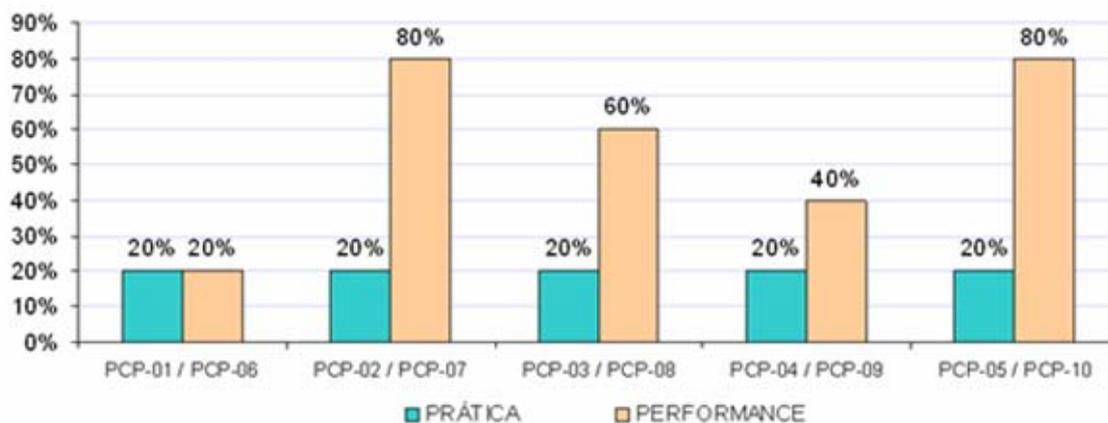


Figura 4.8 – Indicadores da variável PCP na Empresa B

Justificando a baixa pontuação em PCP-02, a empresa somente monta as placas e recebe o material do cliente, logo se ausenta do cálculo das necessidades de materiais. Com relação ao percentual de pontualidade, entre 80% e 90% das ordens seguem o prazo inicial estipulado. Esse valor poderia ter atingido a excelência caso os problemas com qualidade fossem menores.

Analisando a capacidade de produção (PCP-03), a Empresa B não tem registrada a sua capacidade, somente na forma de cronoanálises e no tempo médio de fabricação de cada modelo de placa. A justificativa está relacionada à mão-de-obra e à rotatividade de funcionários nesse setor. O percentual de agregação de valor (PCP-08) situou-se no nível intermediário (60%). Não há PCP setorial, e o giro de estoques, em média bimestral, assim esses dois indicadores (PCP-04 e PCP-09) ficam caracterizados como básicos. PCP-05 comprovou que a empresa não está inserida no contexto da Manufatura Enxuta, não possuindo um sistema de PCP para gerenciar fluxos puxados. A produção somente é disparada com o pedido do cliente pré-confirmado. Entre 5% e 10% do tempo são destinados a horas-extras decorrentes de atrasos de produção e imprevistos.

Como quarta variável do BME tem-se o Chão de Fábrica. A Figura 4.9 agrupa os indicadores relacionados à sua prática e performance, variável que, de forma geral, ficou caracterizada como as demais variáveis, com a performance de 48% e as práticas de 40%. Para essa variável não se teve indicadores com excelência; somente CDF-04 obteve 80%, e os demais ficaram abaixo de 60%.

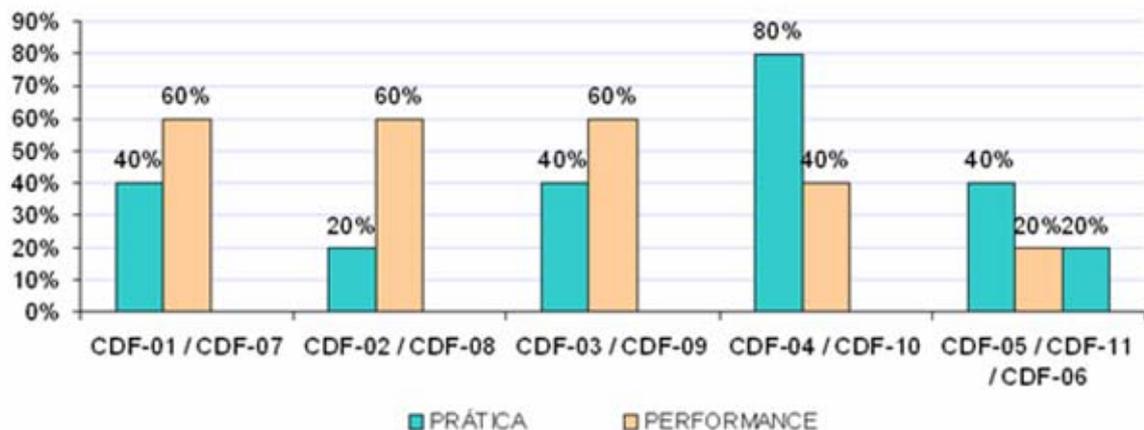


Figura 4.9 – Indicadores da variável Chão de Fábrica na Empresa B

Na Empresa B, dentro desse ramo de negócio, as máquinas possuem restrições para a flexibilidade (CDF-01). Essas restrições são devidas à necessidade de grandes investimentos para a aquisição de mais máquinas e ao espaço físico limitado. O nivelamento situou-se no nível intermediário, em que a produção e a demanda são parcialmente niveladas. De certa forma, o tamanho do lote é equivalente à demanda. Nesse indicador ocorreu a discussão se os termos “nivelar” e “balancear” são equivalentes ou não. Consultando a bibliografia do Sistema Toyota, Black (1998) distingue balanceamento, nivelamento e sincronização da produção. Balancear significa igualar o tempo, nivelar é igualar a quantidade de material em relação ao tempo, e sincronizar entende-se por dar ritmo ao fluxo de materiais entre células e/ou operações.

A Troca Rápida de Ferramentas (CDF-02) é um fator crítico na Empresa B. Não há um processo formal de análise crítica de preparação da máquina. A empresa não está inserida no contexto enxuto, não considera importante investimentos nessa ferramenta porque parte do princípio de que altos tempos de *setup* se tornam insignificantes quando diluídos no tamanho do lote. Mesmo que um *setup* esteja documentado, não há padrão; os tempos de regulagem inicial da máquina de inserção automática PTH oscilam muito e a variabilidade não faz parte do contexto enxuto. Assim, conforme o BME, a TRF está no “primeiro degrau”, nível básico. Para a análise do Percentual de *Setup* (CDF-08), com o objetivo de mensurar um valor, mesmo que realizado apenas uma vez o *setup* para uma produção que permanecerá

por 200 dias, considerou no cálculo somente um dia. Desse modo, o tempo de *setup* para o produto mapeado é de 219,67 minutos. Sendo o tempo disponível de três turnos (1.440 minutos), o *setup* representa 15,25% ($219,67/1.440$).

Não há focalização da produção (CDF-03) devido à restrição de capacidade de máquinas, ou seja, toda a produção praticamente passa pelas mesmas etapas na mesma máquina, pois não há opções de escolha. Há somente uma máquina de cada, então não há como focalizar a produção. O GIM, por sua vez, decidiu considerar a produtividade real igual à projetada.

Para a manutenção (CDF-04), foi adquirido um software e investiu-se em treinamento para garantir que as máquinas não quebrem e se pare a produção. Dessa forma, nesse quesito a Empresa B está evoluída, atuando com manutenção programada preditiva e preventiva. Próximo da excelência, esse indicador atingiu desempenho equivalente a 80%. Mesmo com a implantação do projeto de manutenção, como ainda está em fase de testes e ajustes, ocorre uma parada de uma hora a cada 3 dias. Medindo esse dado, pode-se constatar que o índice de paradas não programadas (CDF-10) situa-se entre eventual e raro (40%).

Finalizando os indicadores do Chão de Fábrica, tem-se o grupo correspondente a CDF-05, 11 e 06 referente à polivalência e a rotinas de operação padrão, todos inexistentes na Empresa B. Não há investimento para a contratação de funcionários multifuncionais e há falta de mão-de-obra especializada na região. O treinamento básico necessário é realizado totalmente no ambiente de trabalho.

4.3 Aplicação do MFV na Empresa B

Para realizar o mapeamento, foi escolhido um produto e acompanhado todo o seu processo. Nesse caso, a placa-mãe D foi escolhida por ser um dos produtos mais antigos do portfólio e solicitada com maior frequência pelo cliente. Optou-se por apresentar os tempos de processos em minutos e o *lead time* em dias, em virtude dos altos valores, para facilitar a compreensão. De um lote total de 80 mil peças, conforme o contrato, precisam ser expedidas 400 placas por dia. Dessa forma, o *takt*

time é de 3,6 minutos por peça resultante dos três turnos de trabalho, equivalentes a 1.440 minutos divididos pela demanda diária.

O tempo despendido no processo (OCT) foi calculado considerando-se o tempo unitário do operador e/ou máquina (D/R) multiplicado pelo tamanho do lote (80 mil placas). Quando o *setup* não foi nulo, o valor foi somado ao OCT. Da mesma forma, analisaram-se os índices de retrabalho. A restrição foi no final do processo, de onde resultaram somente 74.400 placas de qualidade. O lote não foi completado em virtude de a matéria-prima ser enviada pelo cliente.

O MFV do estado atual realizado para a Empresa B pode ser visto na Figura 4.10. Assim que o pedido é enviado pelo cliente, o PCP executa um conjunto padrão de atividades. Antes de se iniciar a produção, o pedido é formalizado, transformado em OP e ajustado para a fábrica, o que leva 10 minutos. Após, em 30 minutos a matéria-prima e outros materiais necessários são adquiridos. O tempo de envio de cada cliente não foi mapeado em virtude de existir muita variação em função dos componentes e de cada cliente. Para receber e inspecionar os materiais que foram enviados pelo cliente até o almoxarifado da Empresa B, o tempo é de 1.440 minutos. Nem sempre o material entra logo em produção, assim é necessário estocar o material conforme tipo e cliente, etapa que consome 480 minutos. Finalizando, em 30 minutos o almoxarifado separa e fornece os *kits* diários para o início da produção. Todo esse processo de PCP e Suprimentos totaliza 1.990 minutos.

Após a matéria-prima diária estar separada, há 200 dias de estoque de matéria-prima, tempo obtido através dos componentes das 80 mil placas (80 mil divididos pela demanda diária de 400). Seguindo, ocorre a fase de ajustes de máquina do processo automático SMT. Para essa placa mapeada, o *setup* foi de 218,9 minutos até a primeira peça com qualidade. Todas as etapas correspondentes a essa etapa automática são ditadas pelo tempo da máquina, operando por 1.440 minutos, não possuindo estoque intermediário e empregando uma pessoa por atividade. Assim, uma pessoa por turno, durante os três turnos, é responsável pela Aplicação de Solda e Inserção Discreta dos Componentes. Como o processo é bastante automatizado, o tempo do operador (D/R) é ditado pelo tempo da máquina, equivalente a 1,99 minuto por peça. O tempo de máquina (OCT) para a fabricação do lote total é de 159.200 minutos. Somando o tempo de *setup* e dividindo-o pelo tamanho do lote, o tempo dessa atividade permanece inalterado, ou seja, 1,99 minuto por peça. Para a Inserção

Exata, o tempo de máquina unitário é de 2,79 minutos. Não há *setup*, nem rejeições. O OCT encontra-se multiplicando esse tempo unitário pelo tamanho total do lote, logo há 223.200 minutos. Finalizando o processo da SMD automática, há a inserção BGA e a solda por refusão, tarefas automatizadas e acompanhadas por uma pessoa. O tempo unitário é de 0,78 min/peça; assim, o OCT é a multiplicação desse valor pelas 80 mil placas.

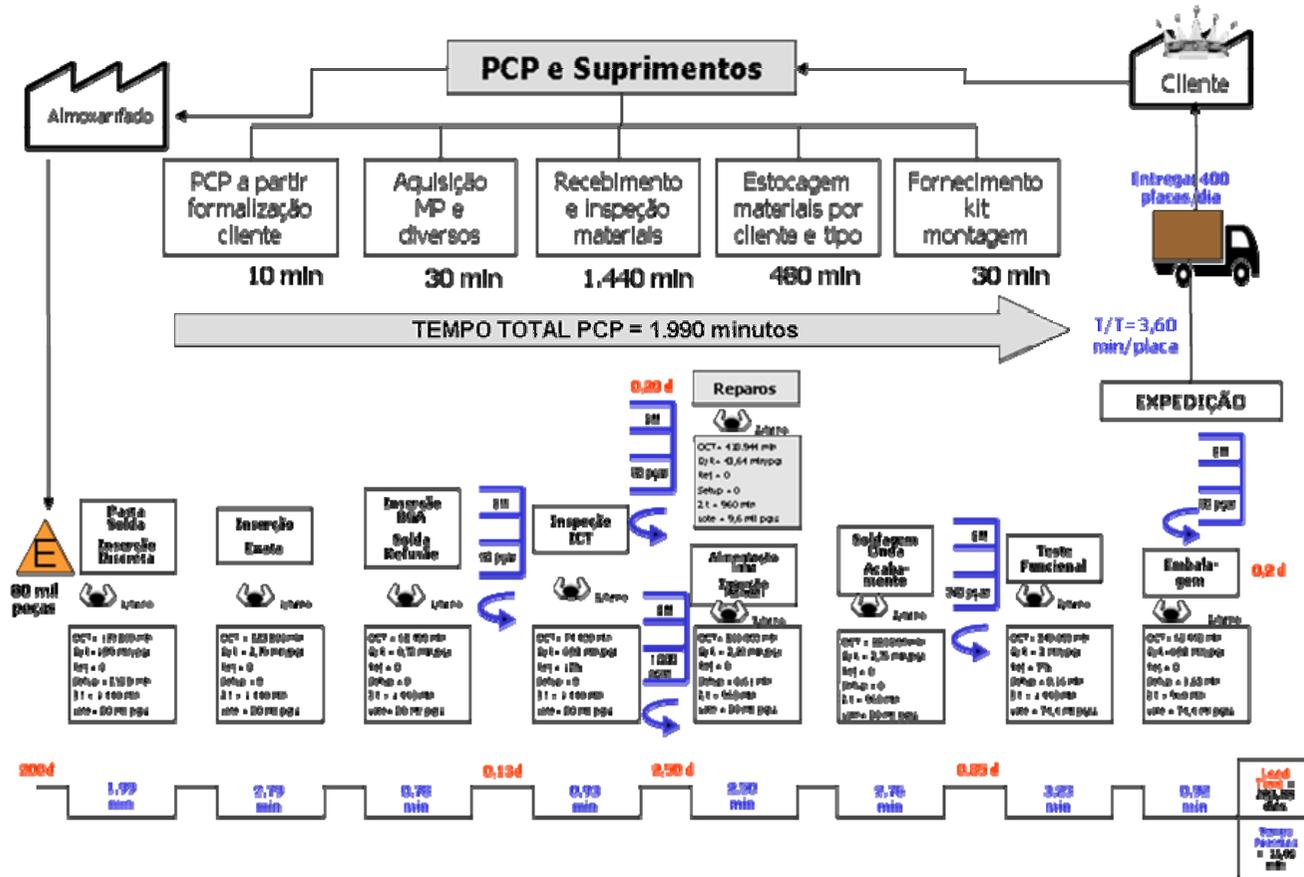


Figura 4.10 – Mapeamento do estado atual da Empresa B

Até o momento, o fluxo foi contínuo e os defeitos de máquina serão inspecionados na etapa chamada de Inspeção *In Circuit*. Há um supermercado da etapa anterior de 50 peças, representando 0,13 dia (50 peças/400 peças por dia). Dois operadores trabalham nessa área, durante três turnos de 1.440 minutos. Cada um consegue testar uma placa com equipamentos em 0,93 minuto. Assim, multiplicando-se esse valor de 0,93 por 80 mil placas, tem-se o OCT de 74.400 minutos. O índice de defeitos para o exemplo mapeado foi de 12%. O que ocorre aqui, diferentemente da Empresa A, é que o tempo de inspeção não foi re-somado devido à Empresa B possuir um setor específico de reparos e consertos. Assim, o MFV atual ficou subdividido; os 12% de rejeição (9.600 placas no total) seguiram para esse setor, que tem capacidade de consertar 22 placas por dia, operando em dois turnos. Logo, o tempo unitário de conserto por placa equivale a 43,64 minutos. Multiplicando-se esse número pela quantidade total rejeitada (9.600 placas), o OCT é de 418.944 minutos. À medida que essas placas são consertadas, elas são reinseridas no fluxo do processo. O supermercado entre a Inspeção e os Reparos é de 80 placas, ou de 0,20 dia.

Continuando o processo para as 70.400 placas com qualidade mais as 9.600 placas retrabalhadas, que são reinseridas na linha, inicia-se a macroetapa de Inserção Manual PTH. Esse setor trabalha durante dois turnos. Já foi testada a operação durante três turnos, porém o rendimento manual é abaixo da meta no turno da noite. Assim, há um *setup* inicial de 0,61 minuto para localização de gabarito. Os 3 operadores existentes nessa fase de Alimentação de Linha e Inserção Manual juntos demoram 2,50 minutos por peça. Multiplicando-se esse valor pelas 80 mil placas, tem-se o OCT de 200.000 minutos. Considerando ainda a soma do *setup*, o tempo de 2,50 minutos mantém-se por peça. Finalizando essa parte, Inserção Manual PTH, há a Soldagem por Onda e o Acabamento. Entre duas pessoas, durante dois turnos de 960 minutos totais disponíveis, o tempo unitário é de 2,76 minutos por placa. Não há *setup*, e os rejeitos serão rastreados na etapa seguinte.

Entre o final da Inserção PTH e o Teste Funcional, há um supermercado de 340 peças. Dividindo-se pela demanda diária de 400 placas, esse tempo é de 0,85 dia. Essa etapa tem um *setup* de 0,16 minuto, tempo necessário para ligar a máquina. Operando em três turnos, com duas pessoas disponíveis, a máquina dita o tempo unitário (D/R) de 3 minutos por peça. Assim, o OCT é de 240.000 minutos.

Porém, como ocorre um índice de rejeição de 7%, o tempo passou a ser de 3,23 minutos por placa, resultante do OCT mais o *setup* divididos pela quantidade boa de placas (74.400). Em virtude de o cliente enviar a matéria-prima exata para as 80 mil placas, não há como completar o lote. Como a tolerância padrão de defeitos é de, no máximo, 2%, para esse caso acompanhado, a Empresa B precisou enviar juntamente um relatório de não-conformidades.

Finalizando com a Embalagem, há uma pessoa nesse setor que opera durante 960 minutos. O tempo para cada embalagem da placa corresponde a 0,92 minuto (D/R). Como 5.600 peças foram rejeitadas do processo por problemas de qualidade, somente 74.400 foram embaladas e expedidas. Assim, o OCT correspondeu a 0,92 minuto vezes 74.400 placas, o que resultou em 68.448 minutos. Adicionando-se o *setup* de 1,53 minuto (68.449,53 minutos) e dividindo-se pelas placas boas, tem-se o tempo unitário de 0,92 minuto por placa.

Para finalizar o levantamento dos dados do MFV do produto D do estado atual realizado em outubro de 2007 na Empresa B, tem-se, após a Embalagem, um estoque controlado de produtos acabados na Expedição, onde as peças são mantidas em média 0,2 dia (80/400). Dessa forma, conforme se pode ver na Figura 4.10, a Empresa B tem um *lead time* total de 203,88 dias ($200 + 0,13 + 2,50 + 0,20 + 0,85 + 0,20$) e um tempo de processo por peça de 15,90 minutos ($1,99 + 2,79 + 0,78 + 0,93 + 2,50 + 2,76 + 3,23 + 0,92$).

Segundos os princípios da ME, a grande diferença entre o *lead time* e o tempo de processo é decorrente de um conjunto de desperdícios, principalmente ligados à qualidade (alto índice de retrabalho) e processo (*setup* elevado), mas que ficam “mascarados” ou diluídos no grande tamanho do lote. Entre os desperdícios identificados, os principais são de qualidade, processo e estoque de matéria-prima:

- f) desperdício de estoque: estoque intermediário entre o processo de montagem e soldagem SMT e THT. Para eliminá-lo seria necessário fazer o fluxo contínuo através do investimento em infra-estrutura. Há também estoque de matéria-prima, ou seja, os lotes grandes enviados pelo próprio cliente (sistema de *Contract Manufacturing*). Para evitar esse desperdício, bastaria solicitar ao cliente que enviasse o material em lotes menores e que, através de parcerias, estabelecesse um lote econômico menor;

- g) desperdício de espera: ocorre entre o processo de inspeção que é feito *off-line*. Assim, acumulam-se placas que precisam passar pela máquina. Para eliminar essa perda, se deveria analisar a viabilidade de adquirir uma máquina de inspeção *in-line*;
- h) desperdício de movimentação: relacionado ao deslocamento de pessoas, identificado entre os processos SMD e PTH. Resolve-se investindo em estudos para aproximar linhas e fazer o transporte automático. O prédio atual impede o fluxo contínuo por restrições de tamanho;
- i) desperdício de processo: ligado ao *setup* e à preparação de *feeders*, “falsas falhas”, oriundas do processo de inspeção óptica por câmera, problemas com aplicação da pasta de solda e problemas com parâmetros de temperatura do forno. Os métodos para reduzi-los seriam introduzir a TRF (troca rápida de ferramentas), trocando equipamento para inspeção óptica automatizada por escâner, definindo parâmetros de processo e auditando para os dois desperdícios finais; e
- j) desperdício de qualidade: encontrado em todos os processos com as peças defeituosas. As soluções incluiriam a implantação de sistema de melhoria contínua baseado em indicadores e investimento em máquinas mais modernas para acompanhar as tendências tecnológicas de miniaturas de componentes, bem como implantando sistemas de manutenção preventivas/preditivas e seguindo e controlando todas as normas internas definidas.

Visando reduzir parte desses desperdícios, projetou-se para a Empresa B um MFV do estado futuro, cujo desenho encontra-se na Figura 4.11. O mesmo ainda não foi implantado, pois requer investimentos elevados em instalações e dispositivos. Para o *layout* há a restrição de espaço, o qual já foi alterado pensando-se numa estrutura celular. Assim, o ideal seria reduzir o *setup* inicial de aproximadamente 219 minutos para 30 minutos, com base em outras empresas que possuem esse índice, na utilização dos históricos de configuração da máquina e na aquisição de ferramentas para a realização do *setup off-line*. Da mesma forma, inicialmente, o tamanho do lote de 80 mil placas seria reduzido para 10 mil placas, para não provocar uma mudança radical e para manter o tempo da máquina em 1,99 minuto por peça. Então, o supermercado de matéria-prima ficaria abastecido durante 25 dias, baseado na demanda diária de 400 peças (10 mil/400). Assim, na montagem do MFV do estado

futuro, o raciocínio de cálculo permanece o mesmo que foi explicado para o MFV atual.

Outras mudanças implicariam treinamento para se atingirem o índice de 2% determinado pelo cliente, a redução de burocracias pelo PCP até a colocação do pedido em produção e a redução de dois turnos nos setores de Inspeção *In Circuit* e no Teste Funcional. Quanto aos supermercados intermediários, para manter o fluxo contínuo e a produção balanceada, projetou-se uma redução do supermercado entre a Inspeção ICT e o início da Alimentação da Linha PTH manual de 2,5 dias para 0,5 dia, com 20 placas suficientes para não provocar esperas nem estoques desnecessários. Com o Teste Funcional operando em dois turnos, a redução do Supermercado até a Embalagem ficaria em 0,2 dia (80 peças/demanda 400). Outra alteração proposta é o deslocamento de supermercado, ou seja, em vez de se localizarem as 80 peças entre Embalagem e Expedição, a idéia seria de antecipar esse WIP entre o Teste Funcional e a Embalagem.

Em relação ao Tempo de Processo das caixas, o único tempo modificado foi o do Teste Funcional, de 3,23 minutos para 3,06 minutos por peça. Essa mudança seria decorrente da redução do índice de rejeitos, dado que a meta de 2% de refugo já foi anteriormente atingida pela empresa. O importante seria mostrar que a redução do tamanho do lote, por meio também de parcerias com o cliente, proporcionaria a flexibilidade para alterar o mix de produtos, preparando a empresa para a atuação na fabricação de pequenas séries. Finalizando o MFV do estado futuro, o Tempo de Processo Total alteraria para 15,73 ($1,99 + 2,79 + 0,78 + 0,93 + 2,50 + 2,76 + 3,06 + 0,92$) e o *lead time* de 203,88 dias para 25,68 dias ($25 + 0,13 + 0,05 + 0,20 + 0,10 + 0,20$).

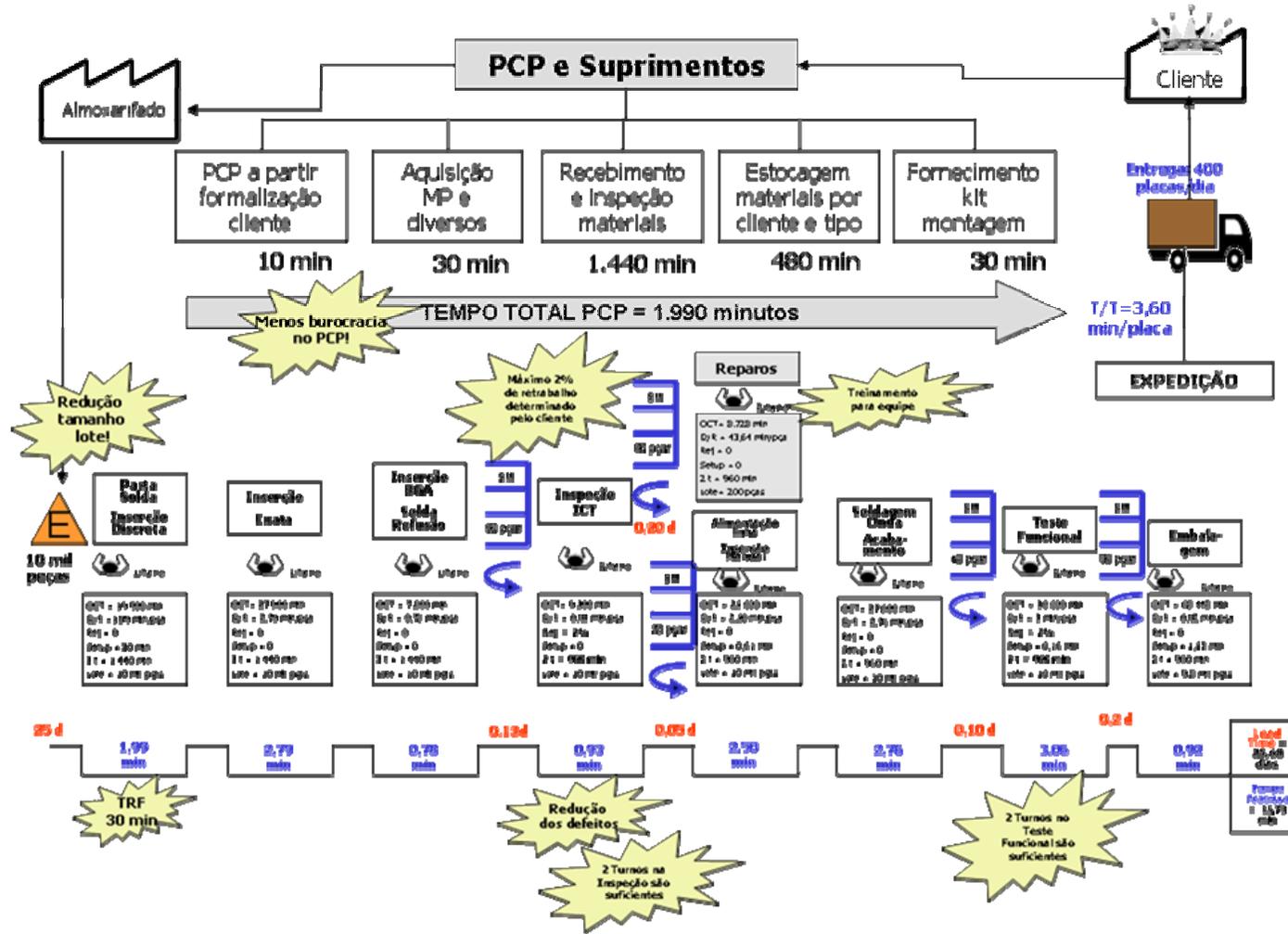


Figura 4.11 – Mapeamento do estado futuro da Empresa B

4.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo, o método de Benchmarking Enxuto e o Mapeamento do Fluxo de Valor foi aplicado na Empresa B, que sabe das restrições que possui. No entanto, ela alega que o investimento em equipamentos para a aplicação de algumas ferramentas da Manufatura Enxuta, dentre elas a Troca Rápida de Ferramentas, é alto. Além disso, por trabalhar sob encomenda e com grandes séries, os conceitos enxutos precisam ser aplicados com cuidados maiores do que em empresas com produção em lotes.

No sentido de atender aos objetivos propostos no capítulo inicial desta dissertação, o próximo capítulo será dedicado a discutir as aplicações do BME e do MFV em uma empresa de pequeno porte do setor cerâmico.

5 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR E BENCHMARKING ENXUTO: EMPRESA C

Este capítulo tem por objetivo descrever a aplicação dos métodos Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e Benchmarking Enxuto (BME) na Empresa C, de forma a analisar e a sugerir possíveis melhorias e integrações entre os métodos existentes. A Empresa C, uma empresa de pequeno porte do setor cerâmico, está no processo inicial de melhorias, passando por transformações e introduzindo um teste piloto da produção puxada no produto com maiores vendas até o momento. Nessa empresa também o MFV do estado atual foi realizado, em paralelo com a aplicação do BME, e o MFV do estado futuro proposto, com a implantação da programação puxada como seu passo inicial.

Inicialmente, a empresa e seu sistema produtivo são apresentados; na seqüência é detalhada a aplicação do BME quanto a seu estado atual do MFV, com a determinação de seus pontos fortes e fracos identificados a partir da análise das práticas e performance das variáveis Demanda, Produto, PCP e Chão de Fábrica. Em seguida, é apresentado o MFV, realizado para o estado atual em que se encontrava a Empresa C, e o MFV proposto, o estado futuro, com algumas sugestões de encaminhamento para a ME.

5.1 Introdução: Empresa C e seu Sistema Produtivo

A Empresa C é uma pequena empresa do ramo cerâmico, foi fundada em 2000, em São José, SC, e atua com 18 funcionários. O faturamento médio é em torno de R\$ 31 mil mensais. Há 70 tipos de produtos fabricados em cerâmica, mármore e porcelanato. Além desses produtos do portfólio, somam-se os pedidos especiais, que são fabricados conforme *design* elaborado pelo cliente. O processo consiste nas etapas de corte, secagem, montagem do mosaico (faixas e telados), secagem no forno, inspeção, embalagem primária (plástica), inspeção e embalagem em caixas.

Relevante a esse trabalho, cabe destacar que primeiramente foi elaborado o mapa do estado atual, depois aplicados os 37 indicadores do BME e posteriormente a

proposição do mapa futuro. A empresa está em processo de transformação, e sua maior dificuldade é atender ao cliente prontamente com um supermercado dos itens com maior demanda.

Nesse caso, primeiramente resolveu-se aplicar o MFV do estado atual. Porém, mesmo sabendo da necessidade de aplicação das ferramentas enxutas, percebeu-se que era necessário “organizar a fábrica”. Assim, conforme sugerem Liker e Meier (2007), o primeiro passo na criação de processos enxutos consiste em atingir um nível básico de estabilidade do processo. Um indicador simples seria as habilidades de atingir as exigências do cliente com produtos de qualidade já na primeira vez e no prazo estipulado (em torno de 80%). Em muitos casos, a “exigência do cliente” não está claramente definida e torna-se uma das primeiras tarefas da fase de estabilidade. A estabilidade é definida como a capacidade de produzir resultados coerentes ao longo do tempo. A instabilidade resulta da variabilidade dos processos, como, por exemplo, quando não há boa manutenção do equipamento e ele regularmente para de funcionar; ou há falta de trabalho padronizado, e o tempo necessário para realizar um dado processo varia muito de pessoa para pessoa, entre turnos ou com o decorrer do tempo (LIKER; MEIER, 2007). Então, aplicou-se o BME para se ter um diagnóstico completo da empresa e assim formular o MFV do estado futuro e um plano de ação.

Arai (1989) descreve que pequenas melhorias somadas fazem a eliminação de grandes perdas. Deve-se incentivar a fazer o fácil primeiro. Depois que a equipe ganhar experiência, poderá encarar desafios mais complexos. Assim, iniciou-se pelo Programa 5S, com palestras aos funcionários e organização do local de trabalho, identificação dos estoques, limpeza, determinação de locais para guardar as ferramentas e estudo do *layout*. Como a empresa não possuía registros de capacidade e outros controles de produção, foi necessário coletar todos os dados e preparar o material. O importante é que os colaboradores operacionais aceitaram o método; a maior resistência para a implementação foi da média gerência. Para determinar qual seria o produto piloto, analisaram-se as notas fiscais de um ano da Empresa C.

Womack et al. (1992) conceituam cadeia de valor como toda ação que agrega valor, ou não, necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de produção. Dessa forma, analisaram-se todos os processos e identificaram-se os

desperdícios. Primeiramente, uma das inspeções foi eliminada; estudou-se uma nova forma de embalagem, que reduzirá custos e estará unificada em um só processo (antes era embalagem plástica e, após, a caixa). O objetivo principal da implantação da Manufatura Enxuta na Empresa C era criar um supermercado do produto T para atender o cliente, pois o cliente desejava à pronta entrega ao menos o lote mínimo de segurança, ou seja, não estava disposto a esperar. O tempo de processo também diminuiu em 40%. As ferramentas utilizadas foram: troca rápida de ferramentas, focalização da produção, produção puxada, determinação do tempo de ciclo e do tempo *takt*, e introdução de supermercados no processo, entre outras.

Movimentos de materiais e operários decorrentes de grandes estoques são movimentos desnecessários, assim como movimentos de operários devidos a problemas bem como os decorrentes de *layout* não otimizado (MONDEM, 1984). A redução de movimentação foi reduzida em praticamente quatro vezes (antes eram 239 metros/peça e depois 60). O estoque de matéria-prima foi classificado e identificado, bem como delimitado um espaço físico. Para os problemas de qualidade, alguns gerados pela falta de atenção das montadoras, foi inserida uma pessoa no processo (supervisor) para otimizar o transporte das peças até o forno e usá-lo de maneira eficiente. Assim, cada funcionária passou a focar-se somente na montagem efetiva do mosaico, intercalando essa tarefa com a inspeção de peças provenientes de outras montagens.

5.2 Aplicação do BME na Empresa C

A empresa, de pequeno porte, não possuía controles registrados, nem alimentados no sistema. De certa forma, a aplicação do BME serviu como um direcionador dos pontos fracos a investir e ajudou no diagnóstico de coleta de dados. Mesmo sabendo de seu posicionamento, situado no quadrante IV (baixas práticas e baixas performance), visualizado na Figura 5.1, a empresa mostrou interesse e considerou o método como válido em seu estágio atual.

Nessa empresa, considerando os três casos deste trabalho, foi onde o BME foi mais completo. Todas as questões foram “rastreadas” completamente e detalhadas com exemplos. Por se tratar de um diagnóstico, muitas indicações de melhorias

extras também foram abordadas, entre elas a preocupação da gerência em estabelecer um bom *layout* que evitasse também problemas ergonômicos entre os funcionários. Mesmo sabendo que a Empresa C teria um desempenho baixo quando comparada à Toyota, o grupo GIM mostrou-se motivado a reaplicar o BME após um período para acompanhar a evolução.

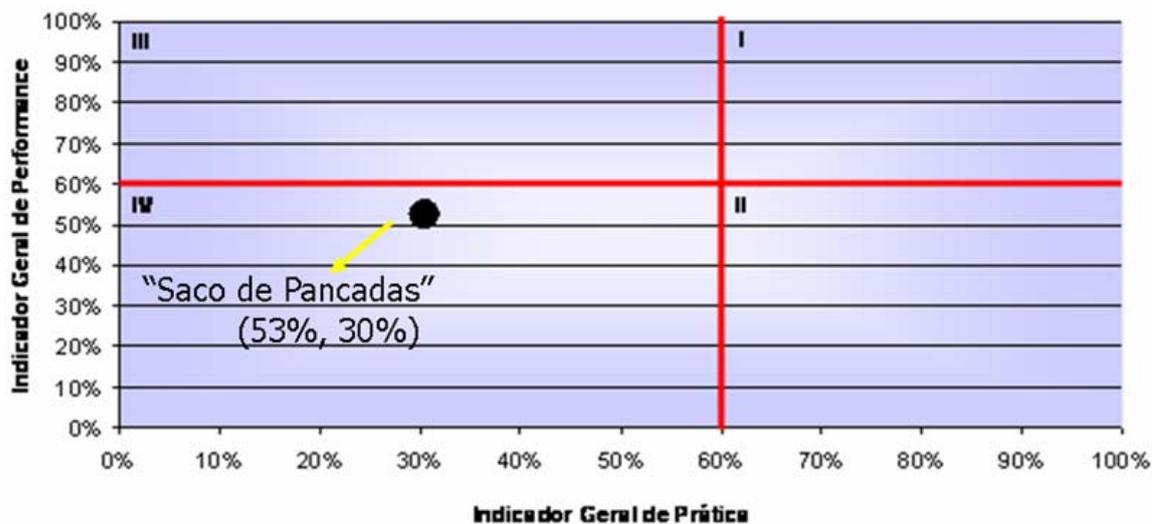


Figura 5.1 – Posicionamento geral da Empresa C

No detalhamento dos dados coletados no gráfico radar da Figura 5.2, percebe-se que a única variável que ficou acima da média de 60% foi a Demanda.

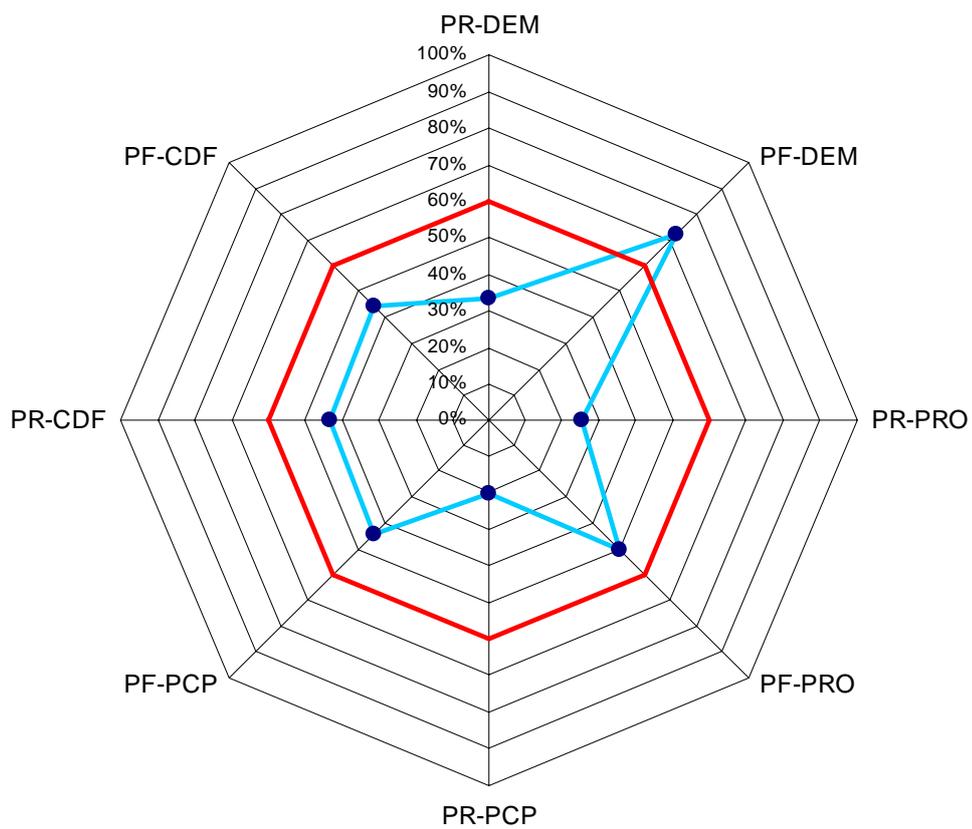


Figura 5.2 – Gráfico radar da Empresa C

Convém visualizar a pontuação dos indicadores na Figura 5.3, que, na seqüência, serão detalhados.

TIPO	INDICADORES			NOTA	PARCIAL	
DEMANDA						
PR	geral	DEM-01	Modelo de Previsão de Demanda	1	20%	33%
	específico	DEM-02	Gestão ABC da Demanda	2	40%	
	geral	DEM-03	Análise de mercado	2	40%	
PF	geral	DEM-04	Confiabilidade da previsão	1	20%	72%
	específico	DEM-05	Grau de concentração	4	80%	
	específico	DEM-06	Grau de frequência	5	100%	
	geral	DEM-07	Grau de demanda confirmada	4	80%	
	geral	DEM-08	Capacidade de resposta à demanda	4	80%	
PRODUTO						
PR	geral	PRO-01	Engenharia simultânea	1	20%	25%
	geral	PRO-02	Parametrização de projeto	2	40%	
	geral	PRO-03	Calendário de desenvolvimento	1	20%	
	geral	PRO-04	Negociação de pedidos especiais	1	20%	
PF	específico	PRO-05	Percentual de defeitos internos	1	20%	50%
	geral	PRO-06	Grau de variedade	5	100%	
	geral	PRO-07	Ciclo de vida	3	60%	
	geral	PRO-08	Percentual de sobra	1	20%	
PCP						
PR	geral	PCP-01	Planejamento-mestre da produção	1	20%	20%
	geral	PCP-02	Cálculo das necessidades de materiais	1	20%	
	específico	PCP-03	Análise de capacidade de produção	1	20%	
	geral	PCP-04	PCP setorial	1	20%	
	geral	PCP-05	Sistema integrado de programação	1	20%	
PF	geral	PCP-06	Ciclo de planejamento e programação	1	20%	44%
	específico	PCP-07	Percentual de pontualidade	2	40%	
	específico	PCP-08	Percentual de agregação de valor	1	20%	
	específico	PCP-09	Giro dos estoques	3	60%	
	específico	PCP-10	Percentual de horas-extras	4	80%	
CHÃO DE FÁBRICA						
PR	específico	CDF-01	Flexibilidade de volume	5	100%	43%
	específico	CDF-02	Troca rápida de ferramentas	1	20%	
	específico	CDF-03	Focalização da produção	3	60%	
	geral	CDF-04	Manutenção produtiva total	1	20%	
	específico	CDF-05	Programa de polyvalência	1	20%	
	específico	CDF-06	Rotinas de operação padrão	2	40%	
PF	específico	CDF-07	Índice de nivelamento	1	20%	44%
	específico	CDF-08	Percentual de setup	4	80%	
	específico	CDF-09	Índice de produtividade	1	20%	
	específico	CDF-10	Índice de paradas não programadas	1	20%	
	específico	CDF-11	Índice de polyvalência	4	80%	

Figura 5.3 – Indicadores da aplicação do BME na Empresa C

Para o primeiro grupo de Demanda, conforme o gráfico de barras da Figura 5.4, ambos os indicadores situaram-se no nível básico, as práticas corresponderam a 33%, e as performance, a 72%. Como a empresa estava sob nova administração há pouco tempo, os produtos ainda estão em fase de teste, ou seja, são produzidos alguns modelos e deixados “sob consignação” em grandes lojas de materiais de

construção. Alguns pedidos de itens especiais são sob encomenda, e outros possuem uma estabilidade maior de vendas. Logo, DEM-01 caracterizou-se como a ausência de um modelo formal, utilizando-se somente a experiência do dono, que é o responsável pelas vendas. Completando a falta de previsão, se ela não existe, optou-se por definir que o erro médio seria acima de 40%, em razão de a empresa não ter claramente definido seu mercado, nem a quantidade vendida no mês.

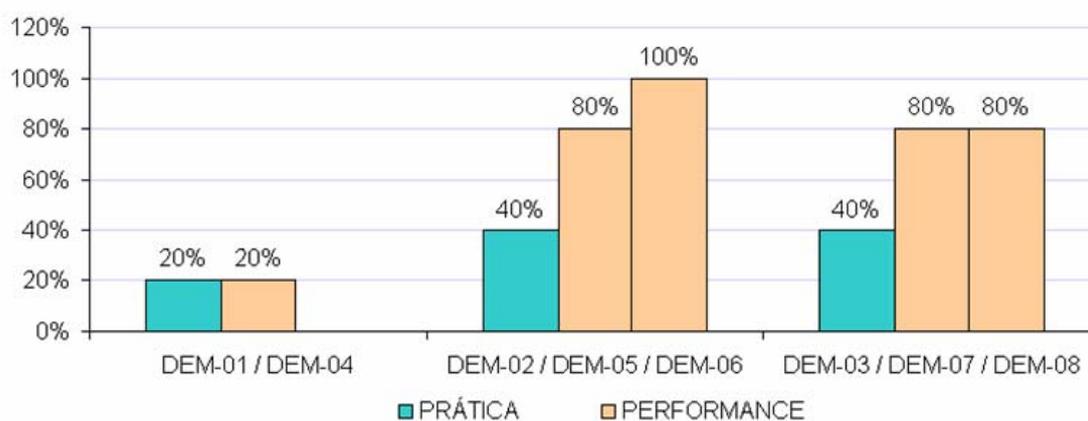


Figura 5.4 – Indicadores da variável Demanda na Empresa C

Há um software instalado no setor administrativo, porém não é efetivamente utilizado; os dados não são alimentados no sistema. Assim, para os relatórios que foram gerados durante o trabalho realizado na Empresa C, foi possível visualizar a classificação ABC e explicar a sua importância ao GIM. Após, a partir dessa informação e com as notas fiscais, conseguiu-se avaliar que a empresa tem em torno de 20% dos itens, os quais representam mais de 50% da Demanda (DEM-05). O mesmo procedimento também se aplicou a DEM-06, onde se verificou que mais de 50% dos itens do portfólio de 70 produtos têm frequência de vendas mensal.

Na aplicação de DEM-03, justificou-se a ausência de um modelo formal para a comunicação com o cliente: numa ocasião, um cliente ligou para reclamar da qualidade do produto e solicitou a retirada do lote defeituoso. Nessa hora, um dos integrantes do GIM abordou sucintamente os problemas da falta de mão-de-obra capacitada e de qualidade.

Quanto à capacidade de resposta à demanda (DEM-06), entre 40% e 50% da demanda confirmada são suficientes para disparar a produção. A informação é transmitida manualmente com antecedência. Há alguns pedidos sem prazo determinado, referentes aos produtos que são fabricados para posterior venda ao atacado.

Para a variável Produto, conforme se pode ver a Figura 5.5, a média das práticas foi de 25%, e a das performance de 50%. O primeiro grupo de indicadores, PRO-01 e PRO-05, ficou no nível básico (20%). Em relação aos defeitos internos (PRO-05), eles chegam a 40% de rejeição, número muito inferior ao mínimo do BME, que determina a nota mínima como 1%.

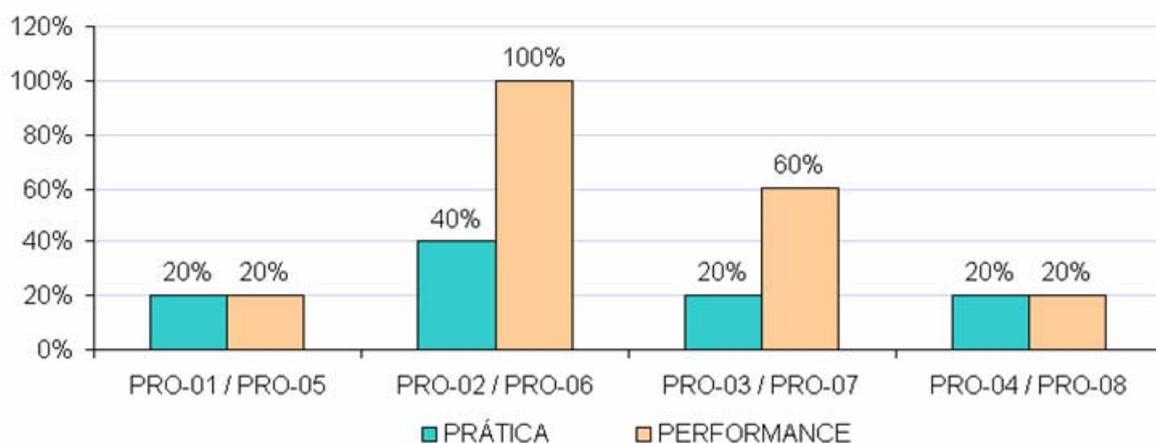


Figura 5.5 – Indicadores da variável Produto na Empresa C

Não há processo formal para desenvolvimento de produto em grupo; alguns modelos são copiados e outros elaborados pela *designer* da empresa. A parametrização de projeto ocorreu para produtos desenvolvidos internamente, e considerou-se principalmente a continuidade da matéria-prima para prever o tempo máximo de permanência do produto no mercado. Para PRO-06, foi atingida a excelência, pois de 70 itens do portfólio, há três famílias com 25 itens em média cada uma.

Conforme a pontuação mínima em PRO-03, percebeu-se que não há um calendário predefinido para o desenvolvimento de novos produtos. Após calculado o

lead time, chegou-se ao resultado intermediário em PRO-07, com relação entre o tempo de vida de um portfólio e o ciclo de programação entre 6 e 10.

Finalizando a descrição da variável Produto, novamente houve um grupo com a pontuação básica de 20%, PRO-04 e PRO-08, negociação de pedidos especiais e percentual de sobra, respectivamente. No primeiro deles, aceita-se qualquer tipo de pedido, independentemente também do tamanho do lote. Por esse ramo relacionar-se com a área artística, há a fabricação de peças exclusivas para a decoração de ambientes. Há também um cliente que faz somente um pedido anual de uma coleção desenvolvida especialmente para ele. A desvantagem apontada pelo GIM na aceitação de pedidos especiais é a prioridade destinada ao produto que "atrapalha" a produção e nem sempre é lucrativo. O percentual de sobra foi apontado como superior a 20% em virtude de coleções desenvolvidas por clientes e de o produto não ser mais produzido por inexistência da matéria-prima. Atualmente localiza-se na área de estoque de produtos acabados. A sobra foi apontada como problema para a empresa, que a vende por preço inferior, como ponta de estoque.

A Figura 5.6 mostra os indicadores da variável PCP. Novamente ocorreu que a performance prevaleceu sobre as práticas, nesse caso, 44% e 20%, seqüencialmente. Relativamente ao planejamento-mestre e ao ciclo de planejamento e programação, ambos atingiram o nível básico no BME. Não há um setor específico para o PCP; as ordens são geradas pelo almoxarifado e distribuídas ao supervisor de corte, que inicia a produção. Na ordem de produção, há a quantidade de pisos necessários, considerando a quebra (rebarbas para regulagem do tamanho). Porém, nem sempre a ordem de produção com a especificação técnica de corte é consultada pelos operadores, gerando retrabalhos ou desperdícios de material, principalmente quando são necessárias peças que não sejam de formatos quadrados ou retangulares. Relacionando-se no ciclo de planejamento a compra da matéria-prima, que ocorre trimestralmente, e de alguns itens secundários, que são comprados sem programação, apenas à medida que são necessários, a média é mensal (PCP-06).

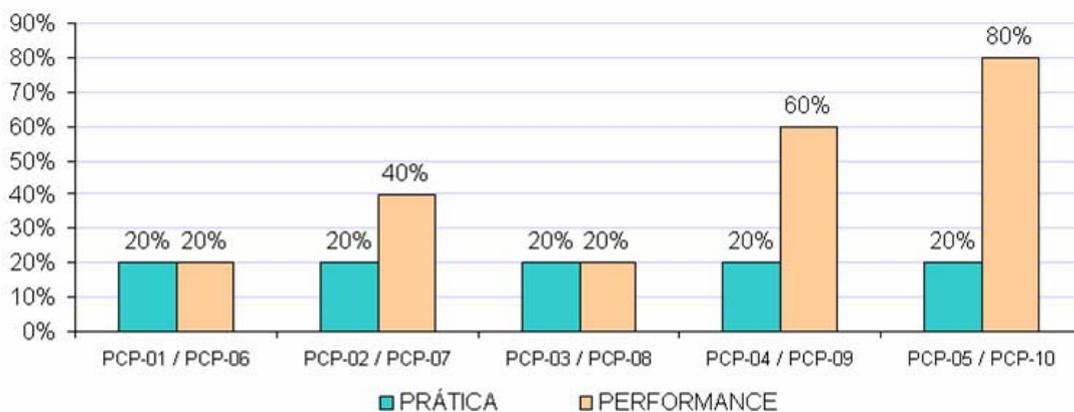


Figura 5.6 – Indicadores da variável PCP na Empresa C

Inexiste um sistema MRP para o cálculo das necessidades de materiais. Esse procedimento de compra é realizado manualmente, de forma fragmentada pela gerência, na medida em que há a confirmação do pedido. Há restrições de investimento, e algumas vezes tentou-se a barganha de matéria-prima, comprando lotes maiores. Também foram citadas a escassez e a dificuldade de encontrar o mármore na região. Assim, visando otimizar os custos de frete, também se adquirem lotes maiores do que o necessário para a produção confirmada e a segurança. Quando o prazo é combinado com o cliente, uma margem de 40% a 60% das ordens é atendida conforme o prazo prometido (PCP-07).

No BME identificou-se que a Empresa C desconhecia a sua capacidade de produção. Então esta foi calculada através do MFV. Mas, no momento de aplicação, visando a um diagnóstico, não havia nenhum sistema de cálculo de capacidade, somente idéias divergentes de tempos entre os participantes. Assim, a medida utilizada de capacidade foi baseada no ponto de equilíbrio, relacionando quantas unidades precisariam ser produzidas para pagar o custo fixo da empresa. Esse valor, comparado à realidade, ficou muito aquém, o que classificou os indicadores PCP-03 e PCP-08 no nível básico (20%).

Se não há um setor de PCP, tampouco há PCP setoriais. A equipe do GIM comentou que esse indicador deveria ser descartado para as pequenas empresas. O giro de estoques do produto acabado em relação à demanda possui giro mensal, o que classifica esse indicador para a Empresa C no nível intermediário. Também não

há fluxos puxados, lembrando que um dos objetivos de realização do trabalho nessa empresa foi a introdução de um sistema puxado. Então, no momento da aplicação do BME, PCP-05 pontuou com a nota mínima. Embora o percentual de horas-extras utilizado tenha variado de 5% a 10% da quantidade de horas totais não planejadas, esse indicador não se mostrou muito confiável quando umas das integrantes do GIM falou que seriam contratadas mais quatro pessoas para a montagem, para cumprir os prazos de entrega de dezembro de 2007.

Finalizando a análise, no caso da variável Chão de Fábrica, novamente o oposto do citado na literatura ocorreu: o índice de performance (44%) foi superior às práticas (43%), embora nesse caso considera-se um equilíbrio. Visualizando a Figura 5.7, percebe-se que somente um indicador (CDF-01) atingiu a excelência, enquanto seis situaram-se no nível básico (CDF-07, CDF-02, CDF-09, CDF-04, CDF-10, CDF-05). Descrivendo-os em seqüência, não existia a focalização da produção, visava-se diluir o tempo de *setup* na fabricação diária de somente um produto. Dessa forma, a equipe detectava que faltava flexibilidade de atendimento ao cliente, mas não sabia como resolver essa solicitação. Explicou-se a importância da focalização, e determinou-se para o corte, por exemplo, que cada máquina atuaria na fabricação de um produto, sendo uma delas destinada a abastecer o supermercado do produto T. Essa justificativa aplicou-se também para a troca rápida de ferramentas. Existiram divergências entre o melhor método de regular a máquina, até que o proprietário definiu o procedimento, mas que teriam que ser feitas melhorias para padronizar as ferramentas e o método utilizado até aquele momento. A produtividade, conforme comentado no dimensionamento da capacidade, estava muito inferior à projetada; no caso, estava-se produzindo a metade das peças previstas para a semana. A manutenção existente era somente a corretiva, e um dos integrantes do GIM lamentou o fato de paradas no único forno existente. Nas máquinas de corte, iniciou-se um controle referente ao tempo de duração dos discos de corte, em virtude de estarem ocorrendo gastos além do previsto para esse insumo. No índice de paradas não programadas, novamente se apontou o forno como o processo mais instável da empresa, devido a desajustes de altura, diferenças de temperatura, velocidade da esteira, entre outros. Não há um programa de polivalência. Na contratação de funcionários, há o treinamento básico no primeiro dia de trabalho e procura-se admitir funcionários do sexo masculino para o setor de corte, e do sexo feminino para a

montagem, devido principalmente à necessidade de força no primeiro caso e de paciência no segundo.

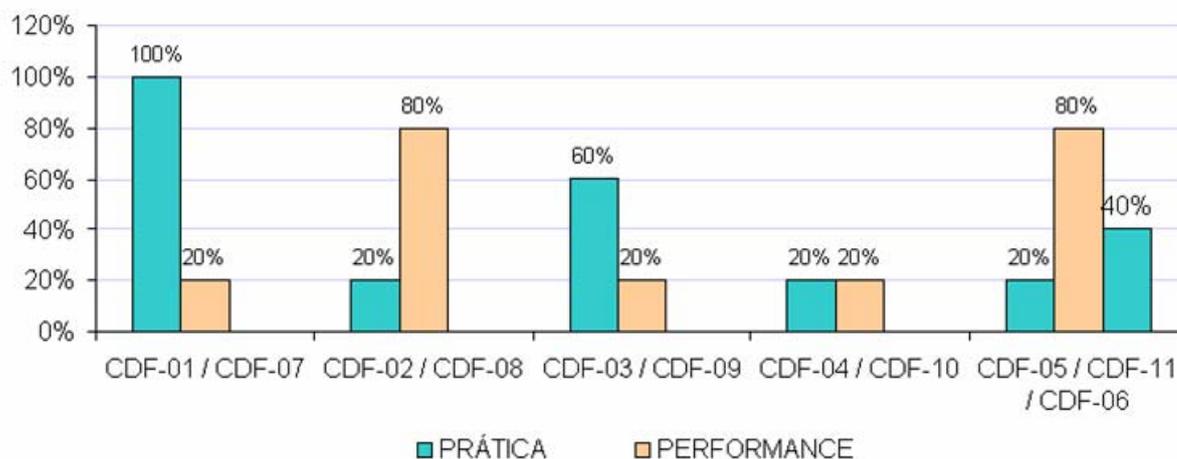


Figura 5.7 – Indicadores da variável Chão de Fábrica na Empresa C

Muitos exemplos foram mencionados pela equipe durante a aplicação do BME. Cada questão aplicada foi explicada. Surgiram exemplos relacionados a melhorias do processo, problemas de qualidade, criação de produtos, entre outros. Um fato interessante é que a equipe disponibilizou as notas fiscais para a análise da variedade e da quantidade dos produtos que foram vendidos durante os três últimos meses.

5.3 Aplicação do MFV na Empresa C

O produto T foi escolhido para a aplicação do MFV em função do histórico de vendas e é composto de 3 posições, pedra amêndoa, pedra brasa e pedra areia, todas retangulares, de 15 mm x 49 mm. Convém observar que a composição da faixa são 6 posições de cada, totalizando 18. A Figura 5.8 mostra a peça com seu tamanho final de 49 mm x 305 mm e peso de 236 gramas. Essa informação foi útil no dimensionamento das caixas para o sistema puxado (padronização de embalagens).



Figura 5.8 – Faixa T, produto escolhido para a aplicação do MFV

Antes de detalhar o processo e de propor as melhorias, na Figura 5.9, há o fluxo do processo do estado atual. A seqüência de processo é: corte do piso, secagem no forno, montagem, secagem no forno novamente, inspeção, embalagem plástica, inspeção, embalagem na caixa e expedição.

O MFV do estado atual da Empresa C para o produto T pode ser visto na Figura 5.10. Como relatado na aplicação do BME, a empresa não possuía uma demanda prevista, ou seja, a produção era realizada e empurrada para o mercado. Também não possuía dados em relação à capacidade do processo, nem cronoanálises. Para o MFV, considerou-se o turno de trabalho de 8 horas diárias, 28.800 segundos e um operador executando cada tarefa individualmente.

Iniciando-se o fluxo quando a ordem de produção é gerada, o almoxarifado separa a matéria-prima. Nesse caso, para a produção de 100 peças (produto acabado), serão necessários 12 pisos de dimensões 40 cm x 40 cm. O estoque estimado para a matéria-prima é de 90 dias. Não há estoque entre processos. A produção é diversificada no sentido de produzir conforme chega o material dos setores. Então, para se iniciar a montagem dos mosaicos, por exemplo, precisa-se ter um lote de peças cortadas.

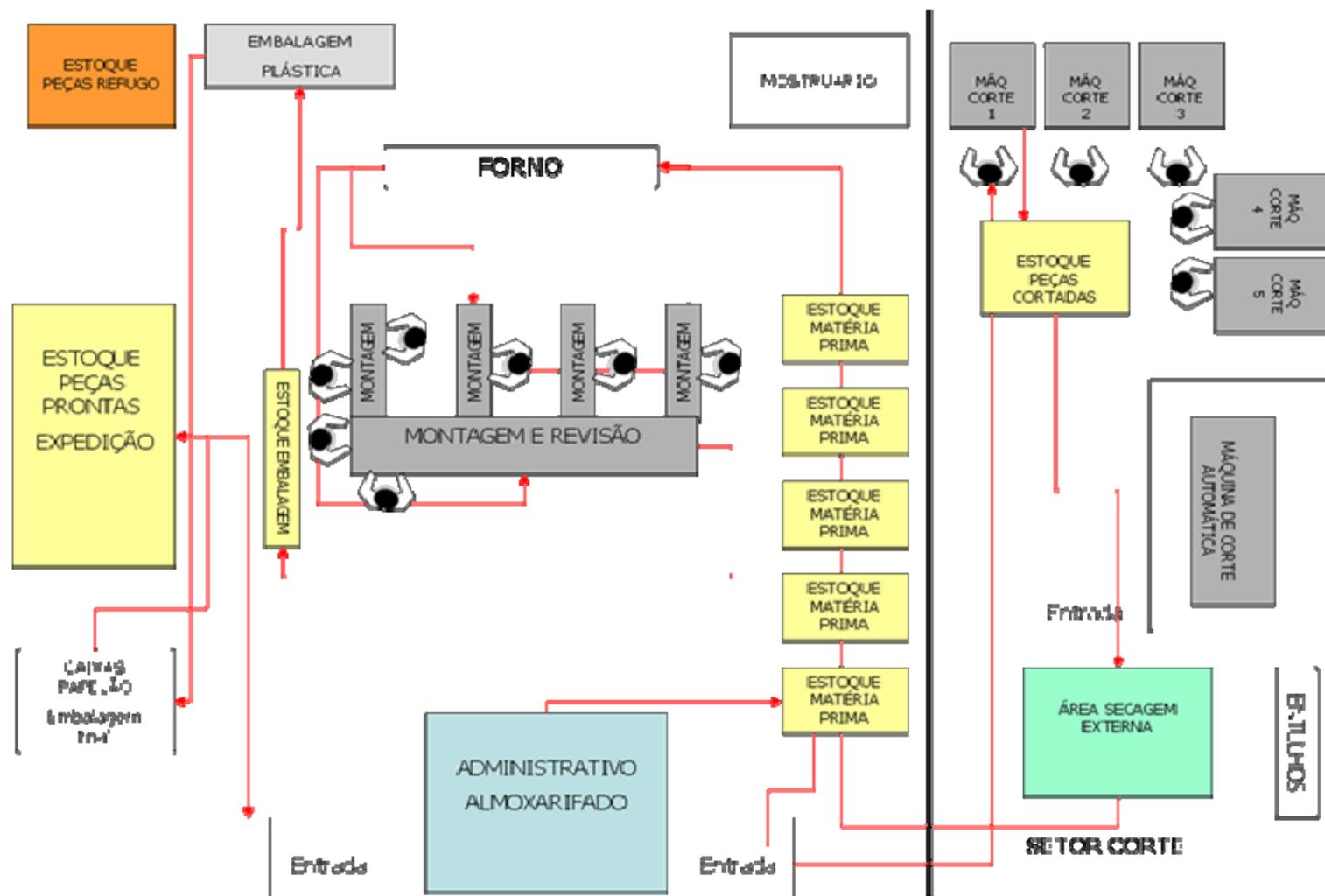


Figura 5.9 – Fluxograma do processo do estado atual

O *setup* do corte inclui retirar as rebarbas de cada piso e regular a máquina até que a primeira peça cortada se encaixe num gabarito de montagem localizado no corte, o que é feito por auto-inspeção dos próprios operadores. Desse modo, o tempo unitário é de 12,13 segundos por tira de peças cortadas, que multiplicados por 84 tiras resultantes resulta em um OCT de 1.019 segundos. Adicionando o *setup* inicial de 581 segundos ao OCT, têm-se 1.600 segundos, que serão divididos pelos 100 mosaicos. O tempo unitário por mosaico, incluído o *setup*, resulta em 16,00 segundos/peça.

A seguir, ocorre o corte das tiras em peças-componentes nas máquinas com disco de corte. É realizado um *setup* inicial de 200 segundos para a regulagem do tamanho da posição de corte, e o tempo total gasto pelo operador é de 6.345 segundos. Assim, somando o tempo de *setup*, resulta em 6.545 segundos para 1.818 peças-componentes, pois cada mosaico utiliza 18 dessas peças. Dividindo os 6.545 segundos por 100 mosaicos, tem-se um tempo unitário de 65,45 segundos/peça. Ao final dessa operação considera-se um estoque de meio-dia para a secagem das peças ao ar livre. Na data do mapeamento foi esse o processo empregado, porém, nos dias de chuva, há a necessidade de passar as peças duas vezes no forno para secagem. As embalagens para o estoque de peças prontas são improvisadas e não possuem tamanho padrão, nem estabilidade. Mesmo assim, mapeou-se o tempo de passagem dupla pelo forno. Para o lote cortado de 1.818 peças levaram-se 840 segundos para atravessar duas vezes o forno. Logo, dividindo-se os 840 segundos pelas 100 peças de mosaicos resultantes, tem-se o tempo unitário de 8,40 segundos por peça de mosaico. Não há estoque entre o processo de secagem e a montagem.

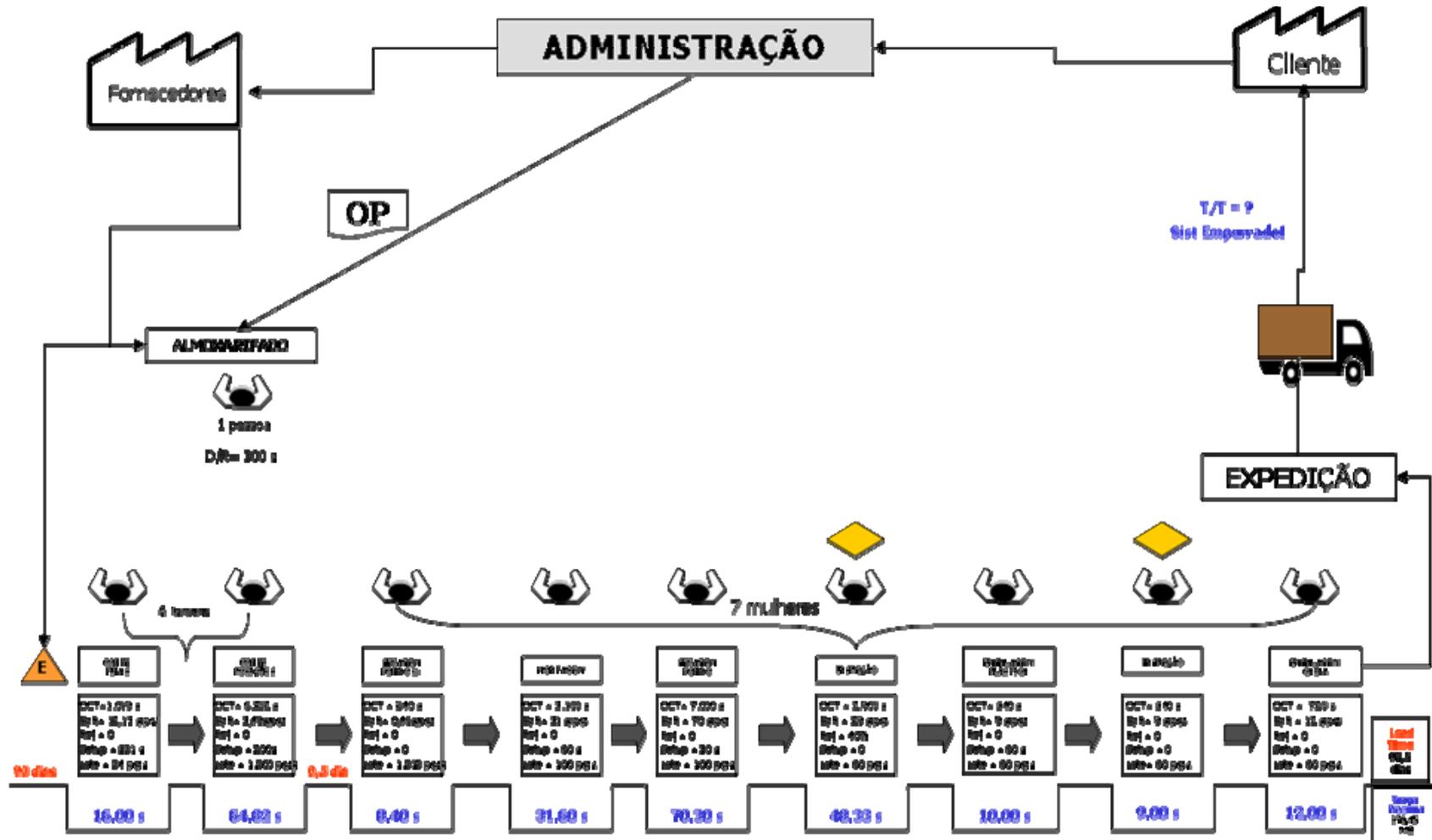


Figura 5.10 – MFV do estado atual para a Empresa C

Na montagem, o *setup* corresponde a identificar e a colocar na mesa o gabarito utilizado, tempo esse de 60 segundos. As telas são cortadas, e a cola é aplicada sobre elas. Monta-se, conforme um gabarito com seis mosaicos, e leva-se ao forno. Para a montagem de cada mosaico no gabarito gastam-se 31 segundos. Então, para o lote de 100 peças de mosaico, serão despendidos 3.160 segundos (OCT mais o tempo de *setup*), equivalente a 31,6 segundos por mosaico. Cada montadora monta seis mosaicos no gabarito e leva-os até o forno, aguarda os 420 segundos de passagem e retorna para a inspeção ($100/6 \times 420 \text{ segundos} = 7.000 + 30 \text{ segundos } \textit{setup} = 70,30 \text{ segundos/peça}$). Isso significa que, para as 100 peças de mosaico montadas, com um *setup* de 30 segundos e 7.000 segundos de passagem no forno, o tempo individual de uma peça de mosaico é de 70,30 segundos.

As peças de mosaico são reparadas e inspecionadas por outra montadora, que, para cada peça, necessita de um tempo de 29 segundos (D/R = 29 segundos/peça). Assim, para o lote de 100 peças, o OCT é de 2.900 segundos. Porém, devido ao índice de rejeição de 40%, somente 60 peças são aprovadas, em média. Assim, o tempo unitário da peça é de 48,33 segundos ($2.900/60$). É nessa fase que ocorre o maior percentual de peças defeituosas, seja por desatenção de montagem (ordem e cores diferentes), por cola que vaza ou por haver peças desalinhadas, devido ao forno. Os mosaicos aprovados são embalados na máquina de embalagem plástica. Essa etapa tem um *setup* de 60 segundos para regulagem da máquina e para a colocação de material, e o tempo de embalagem, agora somente para 60 peças, é de 540 segundos. Assim, o tempo de embalagem unitário é de 10 segundos por mosaico ($540+60/60$).

Novamente, as peças são inspecionadas ao saírem da embalagem plástica. Para o lote de 60 peças, o tempo do operador medido é de 9 segundos por peça. Então com 540 segundos totais (OCT) divididos pelas 60 peças, tem-se o tempo unitário de 9 segundos. Finalizando o fluxo mapeado, somente quando confirmada a expedição é que as peças são colocadas em caixas de papelão e etiquetadas. O tempo total para essa etapa é de 720 segundos, incluído o tempo de montagem da caixa de papelão. Assim, para o lote de 60 peças, o tempo unitário de embalagem na caixa é de 12 segundos por mosaico produzido.

Finalizando o MFV do estado atual para a Empresa C, os cálculos de *lead time* para o produto T resultaram em 90,5 dias (90 dias da matéria-prima e 0,5 dia de secagem), enquanto o tempo líquido de processo – somam-se em segundos os tempos de 16,00 + 65,45 + 8,40 + 31,60 + 70,30 + 48,33 + 10 + 9 + 12 segundos – resulta em 271,08 segundos por mosaico.

A empresa desconhecia sua capacidade. A Figura 5.11 mostra de modo “grosseiro” o tempo unitário de cada atividade. O maior tempo do processo é a segunda passagem pelo forno (70,3 segundos), portanto é o tempo de ciclo. Para conhecer a capacidade diária de produção do produto T usando-se somente um operador para esse produto e deixando-se os demais recursos para a flexibilidade de mix, basta dividir os 28.800 segundos disponíveis por 70,3 segundos. O resultado é em torno de 400 peças de mosaico.

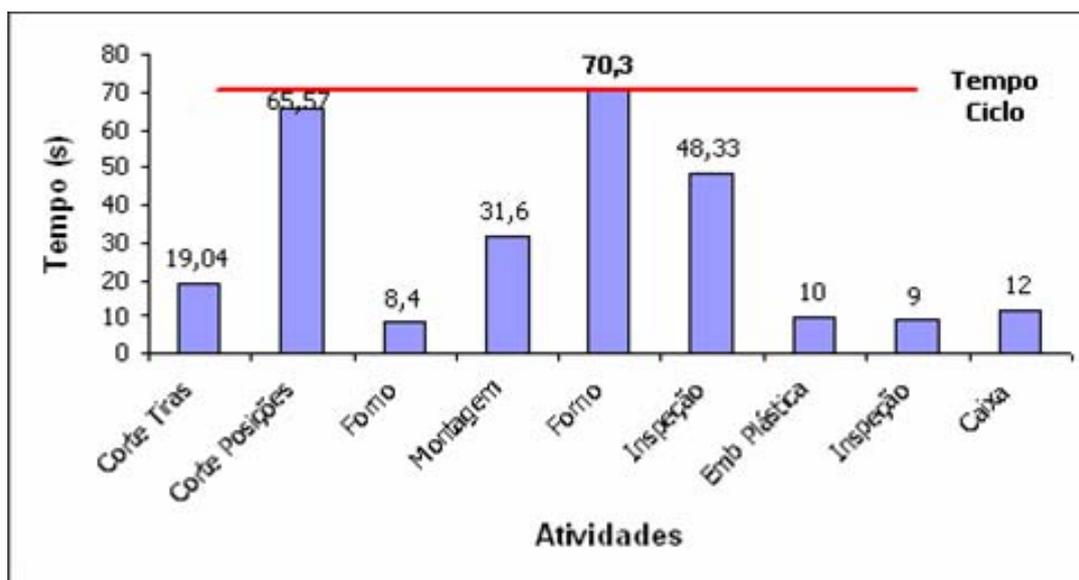


Figura 5.11 – Tempos de cada atividade e o Tempo de Ciclo

Convém visualizar a Figura 5.12, onde consta um resumo das atividades realizadas, desde a matéria-prima até o produto acabado. A literatura menciona que entre as atividades de processo, transporte, estoque e inspeção, somente a primeira agrega valor ao cliente. Assim, no caso da Empresa C, o transporte representa 45%, e 239 metros são percorridos para a fabricação de uma peça. Outra comparação válida está entre estoque e processo. Considerando-se somente o estoque de MP em

segundos, ele representa 99,98% do tempo contra os restantes 0,02% de processo. Desse tempo total de processo, de 574,2 segundos, 10%, ou 57,42 segundos, são destinados à inspeção.

Passo	Descrição	Distância (mts)	T Estoque (s)	Tempo (s)	Transporte	Inspeção	Processo	Estoque
					←	◀	●	▲
1	Estoque de Matéria-prima		2.592.000					
2	Pegar Matéria-prima			300				
3	Transporte MP até corte	65,89						
4	Corte das tiras			19,04				
5	Corte posições			65,57				
6	Transporte até forno	49,58						
7	Secagem no forno			8,40				
8	Transporte forno montagem	10,00						
9	Montagem			31,60				
10	Transporte Montagem Forno	10,00						
11	Secagem no forno			70,30				
12	Transporte Forno Inspeção	10,00						
13	Inspeção			48,33				
14	Transporte Inspeção Embalagem	14,00						
15	Embalagem Plástica			10,00				
16	Transporte Embalagem Inspeção	11,00						
17	Inspeção			9,00				
18	Transporte Inspeção Embalagem	47,00						
19	Embalagem Caixa			12,00				
20	Transporte Caixa até Estoque	21,58						
TOTAL		239,05	2.592.000	574,2	9	2	8	1
		metros	segundos		45%	10%	40%	5%

Figura 5.12 – Transporte, Inspeção, Processo e Estoque da Empresa C

Entre os desperdícios identificados no MFV atual encontram-se:

- desperdício de estoque: a empresa ainda está testando os produtos no mercado e não possui um histórico de vendas confiável para, através do histórico de demanda, calcular o lote econômico de compra de matéria-prima;
- desperdício de espera: ocorre principalmente quando as peças são levadas do forno para a montagem. Cada montadora leva a peça ao forno e espera até a

peça sair. Isso poderia ser evitado com a introdução de uma pessoa circulante, responsável por recolher as peças montadas da estação de trabalho e organizar esse fluxo. Espera-se pela secagem das peças do corte. Espera-se para embalar até a expedição final;

- c) desperdício de movimentação: a movimentação desnecessária ocorre conforme exposto no desperdício de espera, ou seja, o desperdício de tempo por causa da movimentação das peças da montagem até o forno;
- d) desperdício de transporte: conforme o fluxo do processo, observou-se que o *layout* departamental cria barreiras de transporte. Com a colocação de uma porta para ligar o corte com a montagem, o transporte seria facilitado. Não há empilhadeira, nem paleteira manual. A capacidade de levar peças manualmente é menor. O ideal seria um carrinho com rodinhas. Diminuir a distância ajuda a tornar o fluxo mais contínuo;
- e) desperdício de processo: as peças passam por muita inspeção e mesmo assim chegam ao cliente final com defeitos. Rever a regulagem do forno em termos de altura e de temperatura. Testar novas composições de cola e criar um método de trabalho com ficha técnica e mostruário de modelos aprovados *versus* rejeitados é uma alternativa viável;
- f) desperdício de qualidade: trata-se do maior defeito existente devido à alta rotatividade de funcionários e aos desperdícios de processo, entre eles montagem incorreta, peças que vieram do corte com tamanho fora da especificação, cola que escorre ou não fixa as peças na tela e peças desalinhadas do forno; e
- g) desperdício de superprodução: em princípio não há, mas pode ocorrer de um lote não ser vendido, por não ser aceito pelo mercado, ou, ainda, de certa forma, há a superprodução para repor as peças defeituosas internamente.

Visando reduzir os desperdícios mencionados, elaborou-se o MFV do estado futuro, em que foram introduzidos a produção puxada e outros conceitos para tornar a fábrica enxuta. Dessa forma, elaborou-se um novo *layout* esquematizado na Figura 5.13 para reduzir os desperdícios com movimentação. Assim, a distância percorrida era de 239 metros. Com o novo fluxo, o transporte gasto na fabricação de uma peça foi projetado em 60 metros. As alterações projetadas foram: colocação de porta para interligar os setores de Corte e Montagem; organização física dos estoques de

produto acabado e matéria-prima; e transferência das caixas de papelão para o mesmo local da embalagem plástica.

Antes de detalhar o MFV futuro para a Empresa C, convém visualizá-lo na Figura 5.14. A seqüência de cálculos permanece a mesma, e os resultados serão apresentados para comparar com o estado atual.

Com a introdução da produção puxada, estabeleceu-se uma parceria com o cliente para entrega diária de 300 mosaicos T. Assim, mesmo que a nova capacidade venha a ser maior, esse valor será usado no MFV na determinação dos supermercados. A ordem de produção passou a existir somente para os demais produtos da Empresa C, pois, para o produto T, passou-se a utilizar *kanban*. O lote de produção do produto T permaneceu em 100 mosaicos no MFV do estado futuro; já a quantidade de matéria-prima passou a representar cinco dias de estoque, isto é, um supermercado de 60 pisos, correspondentes a 1.500 mosaicos T.

Para o Corte de Tiras e o Corte de Posições realizou-se a Troca Rápida de Ferramentas, com a utilização de gabaritos. Assim, para a primeira etapa do Corte, o *setup* passou para 120 segundos. O tempo unitário de 12,30 segundos por peça multiplicados pelas 84 tiras resulta no OCT de 1.019 segundos, que, ao somá-lo com o *setup* e dividi-lo pelo lote de 100 mosaicos finais, resulta em 11,39 segundos/peça ($1.019 + 120/100$). No Corte de Posições, o *setup* passou para 60 segundos. Dessa forma, multiplicando-se o corte de cada peça (3,49 segundos/peça) pelas 1.818 posições, chegou-se ao tempo de máquina total de 6.345 segundos. Para os 100 mosaicos, o tempo unitário com *setup* resultou em 64,05 segundos ($6.345 + 60/100$).

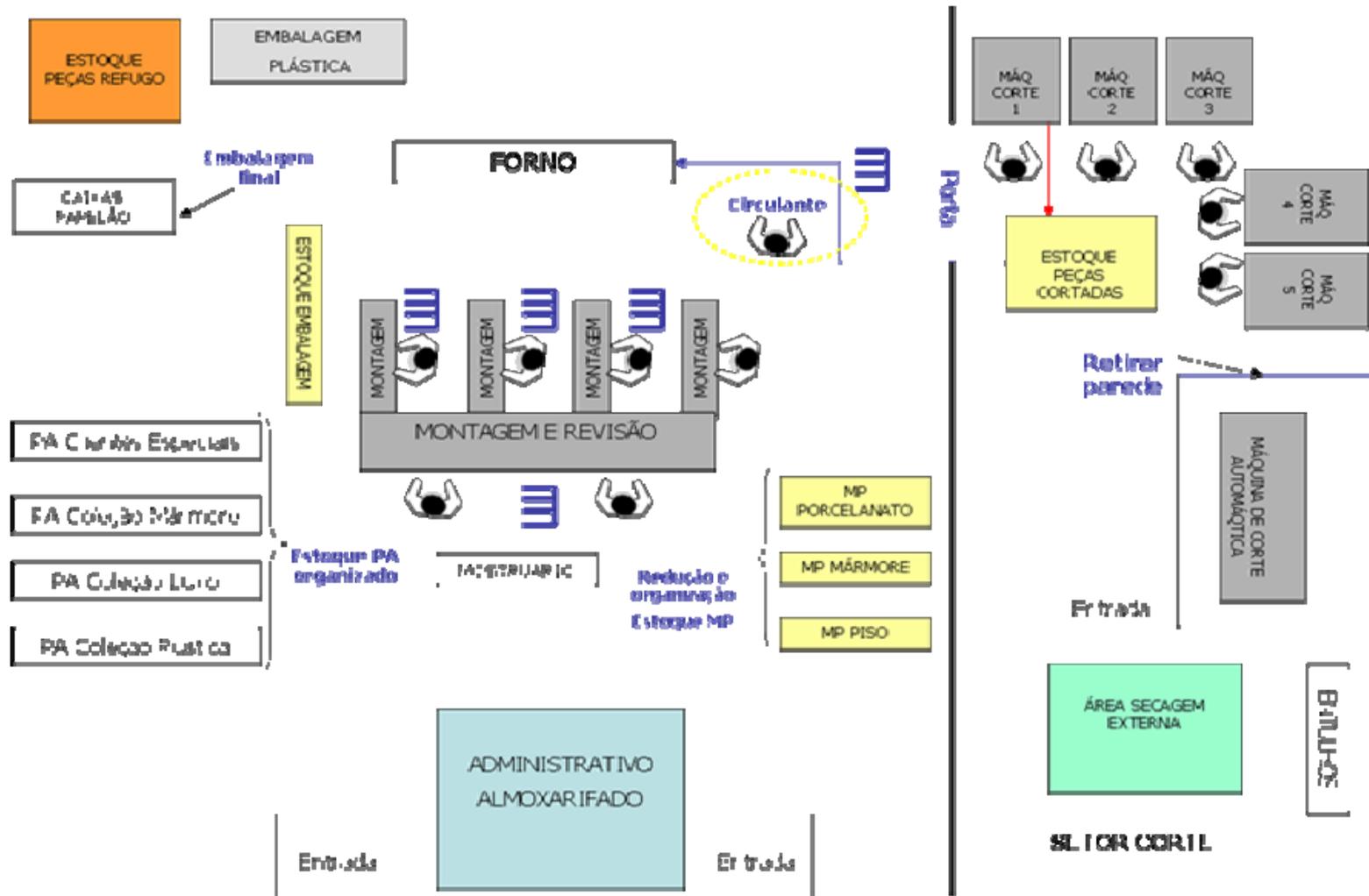


Figura 5.13 – Fluxo do processo (proposto)

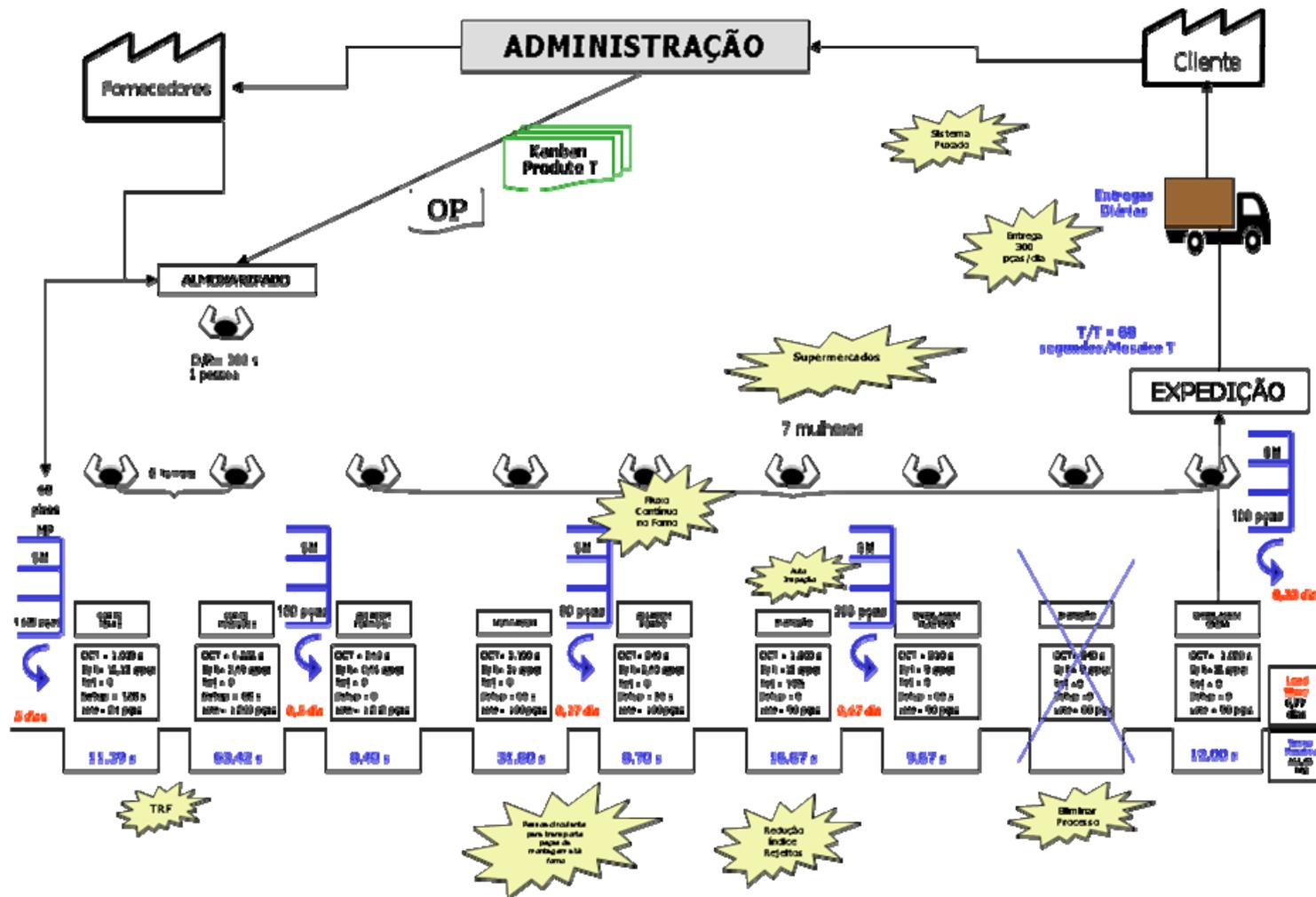


Figura 5.14 – MFV futuro para a Empresa C

Introduziu-se um supermercado de 0,5 dia, ou seja, 150 peças, entre o fim do Corte e a Secagem no Forno. Esse tempo já estava no MFV atual e, para o Forno do MFV futuro, também se mantiveram os mesmos valores. A Montagem permaneceu inalterada em relação aos tempos, mas com a chamada “pessoa circulante” no processo o fluxo tornou-se contínuo devido a esse funcionário transportar as peças até o forno. Assim, definiu-se um supermercado entre a Montagem e a passagem no forno de 80 peças (0,27 dia). O tempo do forno alterou significativamente, pois o funcionário circulante otimizou a utilização da esteira do forno, colocando 72 mosaicos em vez dos 6 anteriores do gabarito, colocados pelas montadoras, que ficavam esperando o tempo de passagem pelo forno. Dessa forma, com o *setup* de 30 segundos e um tempo de 8,40 segundos por peça, o OCT passou a ser 840 segundos, que, somados ao *setup*, resultaram no tempo de processo unitário de 8,70 segundos por peça de mosaico (840+30/100).

Com a implementação da auto-inspeção entre as montadoras e o foco voltado para a atividade de montar as peças (sem a necessidade de levar até o forno e retirar), o índice de rejeito ficou equivalente a 10%. Como cada peça despende 15 segundos, tem-se uma OCT de 1.500 segundos para 100 peças, que, por sua vez, divididos pelas 90 peças boas, resultam no tempo unitário de 16,67 segundos/peça. Projetou-se um supermercado de 200 peças (0,67 dia) entre a Inspeção e a Embalagem Plástica. Esse processo permaneceu inalterado em relação ao tempo unitário (9 segundos/peça), mas, como resultou agora em 90 peças boas, o tempo unitário total, com o *setup* somado, baixou de 10 para 9,67 segundos. Decidiu-se também eliminar o processo de inspeção que existia após a Embalagem Plástica, já que as peças foram embaladas em seguida e no mesmo local. Assim, o tempo de Embalagem na Caixa permaneceu inalterado. Somente o lote final resultou em 90 peças (no atual, somente 60).

Finalizando, o MFV Futuro para o produto T da Empresa C mostrou que o Tempo de Processamento Total pode ser reduzido para 162,48 segundos (11,39 + 64,05 + 8,40 + 31,60 + 8,70 + 16,67 + 9,67 + 12) e o *lead time* total para 6,77 dias (5 dias + 0,5 + 0,27 + 0,67 + 0,33). O novo Tempo de Ciclo passou a ser 64,05 segundos (Corte de Posições). Com a produção focalizada por máquinas, introdução do sistema puxado e mudanças não tão radicais, a empresa sentiu-se motivada a continuar a aplicação das ferramentas enxutas para os demais produtos e a melhorar os índices atingidos até o momento. O quadro da Figura 5.15 compara alguns itens do MFV que melhoraram da situação atual para a situação futura para a Empresa C.

Antes (Estado Atual)	Depois (Estado Futuro)
Produção empurrada	Produção puxada
Lead Time 90,5 dias	Lead Time 6,77 dias (92%)
Retrabalho 40%	Retrabalho 10% (72%)
Não-atendimento ao cliente	Atendimento ao cliente
Falta de focalização	Focalização da produção conforme máquina
Desconhecimento da capacidade	Determinação da capacidade de produção
Tempo de Processo 270,45 segundos	Tempo de Processo 161,85 segundos (40%)
Distância percorrida 239,05 metros/peça	Distância percorrida 60,30 metros/peça (75%)
Desorganização da fábrica	Organização física da fábrica, estoques e <i>layout</i>

Figura 5.15 – Comparação entre Estado Atual e Futuro

5.4 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo o método de Benchmarking Enxuto e do Mapeamento do Fluxo de Valor foi aplicado na Empresa C. Por ser uma empresa de pequeno porte, com baixo nível de informações formalizadas, foi possível verificar que, mesmo assim, a aplicação desses dois métodos é viável. Com base nas aplicações feitas, a empresa está passando por uma reestruturação em que se está introduzindo um piloto da produção puxada.

Esta foi a empresa com maiores oportunidades de melhoria. Nesse estudo de caso, a dificuldade maior encontrada pela autora na aplicação foi em relação a “formar a estrutura básica” da empresa, ou seja, desde a identificação dos estoques, demarcações de áreas, estudo de layout, elaboração de planilhas de controle, classificação ABC, dentre outros. Assim, a autora participou ativamente em todo o processo de implementação da produção puxada, elaborando todos os documentos, treinamentos e materiais necessários para os resultados do Benchmarking Enxuto e do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Após a descrição dos três estudos de casos, no sentido de atender aos objetivos propostos no capítulo inicial desta dissertação, no próximo capítulo são apresentadas as conclusões decorrentes dessas aplicações, bem como as recomendações para trabalhos futuros nessa área.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Introdução do Capítulo

Conforme abordado nos demais capítulos, a ordem de aplicação dos métodos MFV e BME foi diferenciada em cada empresa. Assim, na Empresa A aplicaram-se os mapeamentos dos estados atual e futuro e, após implementadas muitas melhorias, estas foram medidas através do Benchmarking. Na Empresa B optou-se por aplicar primeiramente o BME, a fim de conhecer a estrutura da empresa e a forma de funcionamento. A seguir, realizou-se o MFV atual com os dados de processo e PCP medidos. Através da montagem do mapa atual, estudaram-se as possibilidades de melhorias para elaborar um mapa futuro, mesmo sabendo das restrições e da mudança de localização que ocorrerá na Empresa B. Por fim, mas não menos importante, na Empresa C foi necessário começar pelo MFV do estado atual, visto que faltava a estrutura básica de implantação da Manufatura Enxuta. Visando desenvolver um trabalho completo, o MFV atual e o BME interagiram para diagnosticar os pontos fortes e fracos da Empresa C e para auxiliar na elaboração de um plano de ação no MFV do estado futuro. A Figura 6.1 esquematiza essas três aplicações realizadas neste trabalho.

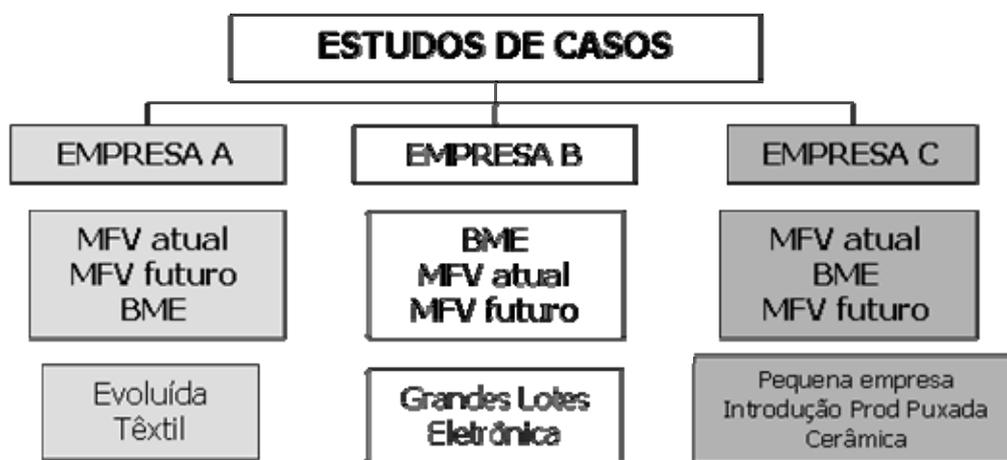


Figura 6.1 – Esquema dos estudos de caso

Com o intuito de introduzir as análises e as sugestões para a integração dos métodos Benchmarking Enxuto e Mapeamento do Fluxo de Valor, resumiu-se inicialmente o

que tais métodos detectaram nas três empresas dos estudos de caso descritos nos capítulos anteriores.

Na Empresa A, onde o MFV do estado futuro aplicado na Confecção já está em andamento, com algumas das melhorias implantadas, pôde-se constatar que a aplicação do método de MFV para o estado atual basicamente apontou para a necessidade de se reduzirem estoques (de matéria-prima, em processo e no produto acabado), de se implementar a produção puxada via *kanban*, de se balancear a produção e de realizar *kaizens* para diminuir o índice de rejeitos. Já o método do BME, aplicado em cima da confecção, com as melhorias sugeridas para o estado futuro implantadas, reforçou as boas práticas implantadas no Chão de Fábrica e no PCP, assim como as performance decorrentes delas, mas, por outro lado, apontou deficiências nas variáveis Projeto de Produto e Demanda. A empresa tem consciência de que as mudanças internas voltadas para a produção enxuta começam por uma boa previsão de demanda e por um produto projetado, de forma a favorecer a redução de custo e o aumento de produtividade. Assim, tenta garantir seu bom desempenho para o mercado externo mediante investimentos para acertar as previsões de demanda do ramo da moda e projetar produtos voltados para melhorias em processo.

Na Empresa B, onde tanto o método do BME como o do MFV realizaram-se a partir da perspectiva do estado atual em que o sistema produtivo se encontrava, comprovou-se o desequilíbrio existente entre a produção sob encomenda, no caso que integra a cadeia de montagem de produtos eletrônicos, e as práticas do Chão de Fábrica voltadas para a ME. Na aplicação do BME nesse tipo de empresa (*Contract Manufacturing*), com exceção das práticas do projeto do produto, chegou-se, como era esperado, a valores abaixo dos 60% segundo o conceito da ME. Já na aplicação do MFV foi possível constatar que, mesmo se trabalhando com um processo automatizado e com demandas sob encomenda, é possível implantar algumas soluções voltadas para a ME que irão reduzir os desperdícios do sistema.

Finalmente, na Empresa C, de pequeno porte, ambos os métodos apontaram principalmente para as possibilidades de melhorias no processo. Nesse caso, o MFV atual e o BME foram integrados como diagnóstico para as práticas do Chão de Fábrica apoiadas pela alta direção. O BME situou a empresa em relação ao mercado, mostrou o que é necessário para torná-la competitiva e a fez conhecer os pontos de comparação e o padrão de referência da Manufatura Enxuta. O MFV, por sua vez, indicou que a implementação das ferramentas enxutas provém da estabilidade básica das pessoas e dos processos.

Na seqüência, seguindo a visão de se analisarem os resultados dos dois métodos aplicados a diferentes situações práticas, é apresentado o sucesso, ou não, das ferramentas, relacionado-as ao tipo de demanda, tamanho da empresa, produtos, *layout*, ambiente de manufatura, entre outros itens de comparação. Também são relatados os benefícios em relação ao momento de aplicação do BME e do MFV. E, no final do capítulo, são apontados os pontos de interação, de superposição e de melhorias.

6.2 Pontos de interação, de superposição e pontos de melhorias

Embora o MFV seja um método focado no processo, mais operacional, partindo do Chão de Fábrica e mapeando o fluxo de informações e material, ele não aborda algumas questões consideradas importantes na ME, descritas na seqüência. Na flexibilidade de volume, ou seja, se as máquinas estão proporcionais à demanda com equipamentos pequenos, médios e grandes, o BME somou-se ao MFV, informando esse dado com o indicador CDF-01. A focalização da produção não foi percebida diretamente no MFV. Essa é uma das ferramentas utilizadas pela Empresa A para reduzir tempos de *setup*. As máquinas foram focalizadas por famílias para reduzir tempos referentes à troca de aviamentos, tais como cores de linha. Em compensação, o BME teve um indicador específico (CDF-03) para relacionar qual a porcentagem da capacidade instalada a cada família de itens. O MFV também não mencionou nada referente à Manutenção Produtiva Total, ferramenta esta que o BME avaliou quanto a se a manutenção existe de forma corretiva, preventiva ou preditiva. Esse é um item que merece ser avaliado mais detalhadamente visando identificar com que freqüência há a manutenção, se ela é programada, se está equilibrada com a produção ou se se caracteriza como um ponto crítico.

Com referência ao Programa de Polivalência, independentemente do *layout* celular ou não, não há simbologia no mapeamento que forneça a informação. A sugestão é criar um símbolo para identificar se há a polivalência em cada etapa produtiva. Mais uma vez o BME complementa essa informação, inexistente no MFV. O mesmo se aplica para as Rotinas de Operação Padrão. Quadros *andons* indicando a produtividade da célula e de cada posto de trabalho são importantes para reforçar o gerenciamento visual. As informações são referentes a produtividade, meta de produção e peças defeituosas por hora. Um ícone ou uma planilha anexos à ROP enriqueceriam o método MFV.

De forma geral, os pontos fortes da metodologia Mapeamento do Fluxo de Valor são:

- a) permite identificar cada processo do fluxo;
- b) evidencia o *lead time* através de estoques de matéria-prima, em processo e produto acabado;
- c) oferece um método visual de fácil compreensão;
- d) há caixas de processo com dados relevantes: número de turnos (disponibilidade), número de operadores, tempo do operador, tempo de máquina, tempo unitário, tamanho do lote, *setup* e taxa de refugo;
- e) o desenho destaca a diferença entre o sistema puxado e o empurrado; e
- f) é focado para desperdícios de estoque, superprodução, qualidade e processo.

Em relação aos pontos fracos desse método, listam-se:

- a) o tempo de processo total não é adicionado ao *lead time*;
- b) não constam simbologias para o mapeamento do PCP, projeto do produto e demanda; e
- c) os desperdícios de movimentação, transporte e espera não são possíveis de se visualizar através dos desenhos, tampouco a polivalência.

Para o Benchmarking Enxuto, de modo geral, um dos pontos negativos identificados está relacionado com a sua amplitude e, conseqüente, subjetividade, pois cada integrante compreende cada indicador de uma maneira, podendo gerar diversas interpretações e pontuações diferenciadas. Outro ponto é em relação ao método fornecer somente um diagnóstico comparativo (benchmarking), e não propor um caminho para implantar as melhorias detectadas.

Como ponto positivo, confirmando as palavras de Davis, Aquilano e Chase (2001), de que empresas que desejam competir como organizações de classe mundial, em um ambiente altamente competitivo, devem buscar um *status* de “melhor do mercado” naqueles parâmetros considerados críticos para seu sucesso em seu segmento do mercado. O BME permite a visão deste “gap” a ser percorrido mediante a medição e a comparação de seus indicadores de desempenho com o de outras empresas, permitindo o planejamento de ações necessárias para alcançar as melhorias. Empresas como a Du Pont, Ford Motor, IBM, Eastman Kodak, Motorola, Xerox e outras líderes, com o objetivo de aumentar tanto a

qualidade quanto a produtividade, têm utilizado sistematicamente o benchmarking como ferramenta para o gerenciamento.

Complementando os autores acima, Rother e Shook (2003) descrevem que não há fim para o ciclo do “futuro tornar-se presente”. Isso deveria ser o coração da administração no dia-a-dia de qualquer organização com um produto para vender. Quando as bases dos desperdícios são removidas durante um ciclo, descobrem-se mais desperdícios escondidos no ciclo seguinte que podem ser eliminados. A tarefa dos gerentes enxutos e de suas equipes é manter esse círculo virtuoso rodando. Para ser competitivo, o fluxo de valor precisa fluir de uma maneira tal que forneça aos clientes os menores *lead times*, os custos mais baixos, a melhor qualidade e as entregas mais confiáveis. Não deveria ser subotimizado para atender aos desejos de processos individuais, departamentos, funções ou pessoas.

No Benchmarking Enxuto observou-se que as empresas com mais oportunidades de melhoria apresentaram os índices de performance superiores aos de práticas, entre elas os casos B e C. A Figura 6.2 resume a melhor e a pior pontuação para cada empresa.

	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Melhor Pontuação	87% Prática Chão de Fábrica	90% Prática Produto	72% Performance Demanda
Pior Pontuação	47% Prática Demanda	20% Prática Demanda 20% Prática PCP	20% Prática PCP

Figura 6.2 – Resumo da pontuação do BME nos três estudos de caso

Davis, Aquilano e Chase (2001) destacam que a mensuração contínua torna o benchmarking um processo iterativo, sem um final definido. Com as empresas competidoras constantemente “aumentando os padrões”, os níveis de desempenho aceitos ontem não serão mais tolerados pelo cliente em um futuro próximo. Apenas através do constante monitoramento dos desempenhos de cada empresa e de seus competidores é que elas estarão aptas a saber sua localização a qualquer momento no tempo. É importante que o pessoal da administração e as gerências estejam cientes de que o benchmarking não

é uma técnica a ser utilizada apenas na manufatura, podendo ser aplicado para as demais funções em uma organização. Assim, para o BME, a possibilidade de comparação internamente ou com outras empresas enriquece o método.

6.3 Recomendações

De forma geral, as recomendações para trabalhos futuros incluem:

- a) aplicar o MFV para todas as famílias de produtos – caso não seja possível, começar pelos itens classe A;
- b) desenvolver uma aplicação focada nas pequenas empresas, um plano que contemple a aplicação da estrutura básica;
- c) detalhar ao máximo os mapeamentos, utilizando planilhas de controle, documentos de processo, métodos para identificar os desperdícios que vão além do estoque, entre eles os de movimentação, transporte, espera e processo;
- d) elaborar um plano de ação partindo do diagnóstico conjunto do BME com o MFV, estipular prazos para as equipes responsáveis por cada implementação e planejamento de melhorias contínuas;
- e) expandir os métodos Benchmarking Enxuto e de Mapeamento do Fluxo de Valor para a utilização de ambos no setor de serviços, tais como bancos, hospitais, restaurantes, comércio e transportadoras;
- f) estudar os métodos focados no desenvolvimento de produtos, na criação de empresas que nascem enxutas; e
- g) analisar os ganhos através de valores financeiros, organizando um sistema de custos que envolva os investimentos numa relação entre custo e benefícios.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIR, C.; MURRAY, B. A. **A revolução total dos processos**. São Paulo: Nobel, 1996.

ALONSO, Renato Miguel. **Manufatura Enxuta**: implementação de um modelo de gestão em uma indústria de produtos laminados. 2002. Monografia (Especialização MBA) – Gerenciamento de Produção e Tecnologia, Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

ANDRADE, Gilberto José Pereira Onofre de. **Um método de diagnóstico do potencial de aplicação da Manufatura Enxuta na indústria têxtil**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ARAI, Seiyu. **Araban**: o princípio das técnicas japonesas de produção. São Paulo: Imam, 1989.

BENEVIDES FILHO, S. A. **A polivalência como ferramenta para a produtividade**. 1999. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Tradução de Gustavo Kannenberg. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CAMP, R. O aprendizado pelo benchmarking. **HSM Management**, n. 3, July/Aug. 1997.

COSTA, Moacir Lisboa da. **Como imitar os japoneses e crescer (sem frescuras)**. 2. ed. Florianópolis: Do autor, 1991.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DIÁRIO CATARINENSE. **Empresas de SC adotam sistema Toyota**. Florianópolis: 25 de novembro de 2007.

FERNANDES, F. C. F.; GOMES, E. C.; GODINHO FILHO, M. Utilização conjunta das ferramentas PFA e VSM para a simplificação e melhoria do fluxo de materiais: proposta e análise de resultados em uma empresa fabricante de abrasivos. In: ENEGEP, 26., Fortaleza, 9 a 11 de outubro de 2006. **Anais...**, Fortaleza, 2006.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de Manufatura Enxuta em uma empresa de autopeças**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Unitau, Taubaté, 2004.

FERRO, José Roberto. **Crescer sem investir: estratégia lean** de investimento. Disponível em: <www.lean.org.br>. Acesso em: 14 jan. 2008.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2002.

GEUS, Arie P. de. **A empresa viva**. Rio de Janeiro: Campus; São Paulo: Publifolha, 1999.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

HALL, R. W. **Excelência em produção: just-in-time, qualidade total, envolvimento das pessoas**. 3. ed. São Paulo: Imam, 1988.

HARMON, Roy L. **Reinventando a Fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HINES, Peter; RICH, Nick. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 17, n. 1, p. 46-64, 1997.

KETTINGER, W. J.; TENG, J. T. C.; GUHA, S. **Business process change: a study of methodologies, techniques and tools**. MIS Quarterly, Mar. 1997. Disponível em: <<http://theweb.badm.sc.edu/bpr>>. Acesso em: 22 de junho de 1997.

KHASWALA, Zahir Abbas N.; IRANI, Shahrukh A. **Value Network Mapping (VNM): visualization and analysis of multiple flows in value stream maps**. Department of Industrial, Welding and System Engineering, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 43210, 2004.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 12 março de 1997.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MARODIN, Giuliano; ZAWISLAK, Paulo. Mapeamento do fluxo de valor em empresa madeireira. In: SIMPEP, 12., Bauru/SP, 7 a 9 novembro 2005. **Anais...**, Bauru, 2005.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: Imam, 1984.

NAZARENO, R. R.; SILVA, A. L.; RENTES, A. F. Mapeamento do Fluxo de Valor para produtos com ampla gama de peças. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., Ouro Preto/MG, 21 a 24 outubro 2003. **Anais...**, Ouro Preto, 2003.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

QUEIROZ, José A.; RENTES, Antonio F.; ARAÚJO, César A. Campos de. Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real. In: ENEGEP, 24., Florianópolis/SC, 3 a 5 novembro de 2004. **Anais...**, Florianópolis, 2004. Disponível em: <www.hominiss.com.br>. Acesso em: 14 jul. 2006.

REMENYI, D.; WILLIAMS, B.; MONEY, A.; SWARTZ, E. **Doing research in business and management**: an introduction to process and method. London: Sage Publications, 1998.

RENTES, Antonio Freitas. **TransMeth**: proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

REVISTA EXAME. **Por dentro da maior montadora do mundo**. São Paulo: Abril, 9 maio 2007.

ROSS, Rick. Pensamento sistêmico com mapeamento de processos: uma combinação natural. In: SENGE, Peter M. **A quinta disciplina**: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. Prefácio em português de José Ferro. São Paulo: Lean Institute, 2003.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas industriais japonesas**: nove lições ocultas sobre simplicidade. Pioneira: São Paulo, 1992.

SEIBEL, S. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performance da indústria exportadora brasileira**. 2004. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

_____. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Tradução de Eduardo Schaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2006. Edição compacta.

STAKE, R. E. Case studies. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). **Handbook of qualitative research**. London: Sage, 2000.

SUGAI, Miguel; NOVASKI, Armando Bizzetto. Análise crítica da metodologia de Shigeo Shingo (SMED) e sua aplicação no Brasil. In: SIMPOI – SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9. **Anais...** FGV/EAESP, 2006.

TELLIS, W. Introduction to case study. **The Qualitative Report**, v. 3, n. 2, July 1997. Disponível em: <<http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-2/tellis1.html>>. Acesso em: 18 dez. 2007.

TONDATO Rogério. **Manutenção produtiva total**: estudo de caso na indústria gráfica. 2004. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

TUBINO, Dalvio F. **Sistemas de produção**: a produtividade no chão-de-fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

_____. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. São Paulo: Atlas: 2007.

VALLADARES, A. (Org.). **Tecnologias de gestão em sistemas produtivos**. Petrópolis: Vozes, 2003.

VIEIRA, Mauricio Garcia. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WOMACK, James P. et al. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.