

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**A UTILIZAÇÃO CONJUGADA DO MAPEAMENTO DA CADEIA DE  
VALOR E DO MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO PARA  
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**Autor: Ricardo Wastowski**

**Porto Alegre, Maio de 2001.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**A UTILIZAÇÃO CONJUGADA DO MAPEAMENTO DA CADEIA DE  
VALOR E DO MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO PARA  
AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**Autor: Ricardo Wastowski**

**Orientador: Professor Paulo Ghinato, Ph.D.**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Adiel Teixeira de Almeida, Ph.D.**

**Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.**

**Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D.**

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia - modalidade  
Profissionalizante – Ênfase em Gerência de Produção**

**Porto Alegre, Maio de 2001.**

**Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof. Paulo Ghinato, Ph.D.**

Orientador

PPGEP

Universidade Federal de Pernambuco

---

**Profª . Helena Beatriz Cybis, Dr.**

Coordenadora

Mestrado Profissionalizante em Engenharia

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## BANCA EXAMINADORA

**Prof. Adiel Teixeira de Almeida, Ph.D.**

PPGEP/UFPE

**Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.**

PPGEP/UFRGS

**Profª . Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D.**

PPGEP/UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pela lição de vida, ao meu orientador Paulo Ghinato pela dedicação e excelente orientação deste trabalho e a minha esposa Marlise pelo seu apoio e compreensão.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA E JUSTIFICATIVA .....	3
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	4
1.2.1 Objetivo Principal.....	4
1.2.2 Objetivos Secundários .....	5
1.3 METODOLOGIA.....	5
1.4 ESTRUTURA .....	5
1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	6
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA: FUNDAMENTOS .....	10
2.2 PERDAS .....	11
2.2.1 Perda Por Superprodução.....	15
2.2.2 Perda Por Transporte .....	15
2.2.3 Perda no Processamento em Si.....	16
2.2.4 Perda Por Fabricação de Produtos Defeituosos.....	16
2.2.5 Perda Por Movimentação .....	16
2.2.6 Perda Por Espera.....	17
2.2.7 Perda Por Estoque.....	17
2.3 PROCESSOS DE MELHORIA: <i>KAIZEN</i> E <i>KAIKAKU</i> .....	20
2.4 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO E AS MELHORIAS.....	25
2.4.1 Eliminação das Perdas Através de Melhorias .....	29

2.4.2	Eliminação das Perdas Através de Melhorias Fundamentais na Função Processo ..	30
2.4.3	Eliminação das Perdas Através de Melhorias Fundamentais na Função Operação .	35
2.5	MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR.....	38
2.5.1	O Que é o Mapeamento da Cadeia de Valor.....	40
2.5.2	Fluxos de Material e de Informação .....	41
2.5.3	Usando a Ferramenta do Mapeamento .....	43
2.5.4	Selecionando uma Família de Produtos.....	44
2.5.5	Desenhando o Mapa do Estado Atual.....	45
2.5.6	Desenhando o Mapa do Estado Futuro .....	47
2.5.7	Plano de Trabalho.....	49
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>51</b>
3.1	A EMPRESA.....	51
3.1.1	Histórico Organizacional-Industrial .....	52
3.1.2	Parceria .....	55
3.2	DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO - FOCO DO MAPEAMENTO.....	57
3.2.1	Definição e Composição Básica de uma Tinta.....	57
3.2.2	Linha Renodur Acrílico Acabamento e Produção de Tintas.....	58
3.3	CONSTRUÇÃO DO MAPA DA CADEIA DE VALOR DO ESTADO ATUAL .....	60
3.3.1	Descrição do <i>Loop</i> Cliente .....	64
3.3.2	Descrição do <i>Loop</i> Colorimetria .....	66
3.3.3	Descrição do <i>Loop</i> Fornecedor.....	81
3.3.4	Identificação das Perdas no Sistema Produtivo Atual .....	83
3.3.5	Plano de Ação.....	90
3.4	CONSTRUÇÃO DO MAPA DA CADEIA DE VALOR DO ESTADO FUTURO .....	92
3.4.1	Descrição das Modificações no <i>Loop</i> Cliente .....	95
3.4.2	Descrição das Modificações no <i>Loop</i> Colorimetria .....	96
3.4.3	Descrição das Modificações no <i>Loop</i> Fornecedor.....	104
3.4.4	Identificação das Perdas no Novo Sistema Produtivo .....	105
3.5	COMPARAÇÃO DOS DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORES .....	108
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA.....</b>	<b>111</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>116</b>
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO .....	116
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	118
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXO - ÍCONES DO MAPA DA CADEIA DE VALOR .....</b>	<b>123</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	7
FIGURA 2 - REDUÇÃO DO NÍVEL DE ESTOQUE (ÁGUA) PARA EXPOR OS PROBLEMAS DE PROCESSO.....	18
FIGURA 3 - MODELO IDEAL A PARTIR DO <i>KAIKAKU</i> .....	23
FIGURA 4 - MODELO REAL A PARTIR DO <i>KAIKAKU</i> .....	23
FIGURA 5 - <i>KAIKAKU</i> SOZINHO .....	24
FIGURA 6 - <i>KAIKAKU</i> MAIS <i>KAIZEN</i> .....	24
FIGURA 7 - A ESTRUTURA EM REDE DA PRODUÇÃO.....	26
FIGURA 8 - SIMBOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS SEGUNDO SHINGO.....	28
FIGURA 9 - EXEMPLO DE MAPA DA CADEIA DE VALOR.....	39
FIGURA 10 - FLUXO DE MATERIAL E DE INFORMAÇÃO NO MAPA DA CADEIA DE VALOR.....	42
FIGURA 11 - ETAPAS DO MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR.....	44
FIGURA 12 - MAPA DO ESTADO ATUAL .....	62
FIGURA 13 - LOOPS DO MAPA DO ESTADO ATUAL.....	63
FIGURA 14 - HISTOGRAMA DIAS DE ANTECIPAÇÃO DE PRODUÇÃO DE TINTA × CONSUMO .....	65
FIGURA 15 - <i>LAYOUT</i> DA SITUAÇÃO ATUAL DO SETOR DE COLORIMETRIA .....	69
FIGURA 16 - GRÁFICO DE PARETO PARA FREQUÊNCIA × PROCESSO.....	72
FIGURA 17 - GRÁFICO DE PARETO PARA TEMPO × PROCESSO.....	72
FIGURA 18 - HISTOGRAMA DO TEMPO DE PESAGEM.....	74
FIGURA 19 - DIAGRAMA DO TEMPO DE PESAGEM × TAMANHO DO LOTE .....	75
FIGURA 20 - HISTOGRAMA DE LOTES/DIA.....	77
FIGURA 21 - HISTOGRAMA DO TAMANHO DO LOTE DE PRODUÇÃO.....	77
FIGURA 22 - HISTOGRAMA DO TEMPO DE TESTE DE COR .....	78
FIGURA 23 - HISTOGRAMA DO TEMPO DE ACERTO.....	79
FIGURA 24 - HISTOGRAMA DO TEMPO DE ENLATAMENTO.....	80
FIGURA 25 - HISTOGRAMA DO VOLUME ENLATADO DIARIAMENTE.....	80
FIGURA 26 - GRÁFICO DO ESTOQUE DIÁRIO DE BASES E CONCENTRADOS .....	82
FIGURA 27 - GRÁFICO DO ESTOQUE DIÁRIO DE EMBALAGENS VAZIAS REPRESENTADO EM VOLUME .....	83
FIGURA 28 - IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS NO MAPA DO ESTADO ATUAL .....	84
FIGURA 29 - MAPA DO ESTADO FUTURO .....	93
FIGURA 30 - LOOPS DO MAPA DO ESTADO FUTURO .....	94
FIGURA 31 - HISTOGRAMA DIAS DE ANTECIPAÇÃO DE PRODUÇÃO DE TINTA × CONSUMO .....	95

FIGURA 32 - <i>LAYOUT</i> DO NOVO SETOR DE COLORIMETRIA AUTOMATIZADA.....	98
FIGURA 33 - GRÁFICO DE PARETO PARA FREQUÊNCIA × PROCESSO.....	100
FIGURA 34 - GRÁFICO DE PARETO PARA TEMPO × PROCESSO.....	100
FIGURA 35 - GRÁFICO DO TEMPO DE DOSAGEM EM FUNÇÃO DO TAMANHO DE LOTE E DA COMPOSIÇÃO DA TINTA.....	102
FIGURA 36 - HISTOGRAMA DE LOTES/DIA.....	102
FIGURA 37 - HISTOGRAMA DE TAMANHO DO LOTE.....	103
FIGURA 38 - HISTOGRAMA DO VOLUME PRODUZIDO DIARIAMENTE.....	104
FIGURA 39 - IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS NO MAPA DO ESTADO FUTURO.....	106
FIGURA 40 - ESTRUTURA DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	112

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DO <i>KAIKAKU</i> E DO <i>KAIZEN</i> .....	21
TABELA 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA MIXING .....	60
TABELA 3 - EXEMPLO DE PERDA POR SUPERPRODUÇÃO POR ANTECIPAÇÃO .....	66
TABELA 4 - TABELA DE PROCESSO DO ESTADO ATUAL.....	71
TABELA 5 - TABELA DE PROCESSO DO NOVO SISTEMA PRODUTIVO .....	99
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DOS DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORES.....	110
TABELA 7 - ÍCONES E SÍMBOLOS DE MATERIAL .....	123
TABELA 8 - ÍCONES E SÍMBOLOS GERAIS .....	125
TABELA 9 - ÍCONES E SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO.....	125

## RESUMO

O elevado grau de competição imposto pelo mercado tem gerado nas empresas uma maciça movimentação em busca de melhorias contínuas e radicais nos processos de produção. Desta forma, a busca e identificação de oportunidades de melhoria constitui-se em importante mecanismo de aumento do desempenho e potencial competitivo. No entanto, a sistematização deste procedimento/abordagem esbarra na complexidade das ferramentas conhecidas e atualmente disponíveis para aplicação rotineira na análise dos processos produtivos.

Uma análise ou diagnóstico consistente exige, muitas vezes, a aplicação de diversas ferramentas, tornando o processo de identificação de oportunidades e implementação de melhorias exageradamente complexo e moroso. Este estudo identificou a real necessidade de desenvolvimento de uma abordagem eficaz e ao mesmo tempo mais simples de mapeamento das oportunidades de melhoria, propondo uma metodologia de análise de sistemas de produção baseada na utilização conjugada de duas clássicas ferramentas de diagnóstico: o mapeamento da cadeia de valor e o mecanismo da função produção.

O estudo parte de uma revisão bibliográfica onde são abordados os principais conceitos concernentes ao processo de diagnóstico e melhoria de sistemas de produção, base para o desenvolvimento da metodologia proposta. O método é, a seguir, testado em um estudo de caso realizado junto a uma empresa fabricante de cores para pintura automotiva.

## **ABSTRACT**

The high degree of competition imposed by the market has generated a growing movement towards continuous and radical improvements in the production processes. Therefore, the search and identification of opportunities for improvement are an important mechanism to rise the performance and the competitive potential of organizations. However, the systematization of this procedure/approach comes up against the complexity of the tools currently known and applied in everyday analysis of the production processes.

A well grounded analysis or diagnosis demands in many cases the application of several tools, making the processes of opportunities identification and improvement implementation excessively complex and slow. This research identified a real need for development of an efficient and easier approach to map improvement opportunities, proposing a production system analysis methodology based on the integrated use of two classical diagnosis tools: the value chain mapping and the function production mechanism.

This study is based on a bibliographical review in which the main concepts concerning to the diagnosis process and production system improvements are seen, setting up the ground for the development of the proposed methodology. This method is, then, tested in a case study carried out in association with a company that produces colors to be applied in automotive painting.

# 1 INTRODUÇÃO

Os contornos da economia brasileira modificaram-se rapidamente, especialmente a partir da abertura de mercado e estabilização iniciada em 1994, trazendo para grande parte da classe empresarial brasileira, um conceito até então conhecido, porém pouco vivenciado: a competitividade.

A competitividade pode ser definida como a capacidade de uma empresa ser bem sucedida em mercados em que existe concorrência. Há poucos anos, era apenas um fator de diferenciação; hoje é fator de sobrevivência (Carvalho, 1993).

Seja pela maior abertura do país ao exterior, via ampliação das relações de troca (importação e exportação), ou pela redução das restrições à aquisição de empresas nacionais por grupos estrangeiros, a indústria manufatureira, em especial, foi forçada a adotar mecanismos que auxiliassem na melhoria de seus produtos e processos, frente à rápida necessidade de se tornar competitiva. Isto gerou nas empresas a busca de melhorias contínuas e radicais nos processos de produção. Desta forma, a busca e identificação de oportunidades de melhoria constitui-se em importante mecanismo de aumento de desempenho e potencial competitivo.

O objetivo principal desta busca pela competitividade é atender o cliente em requisitos como qualidade elevada, custo reduzido e agilidade de resposta, o que muito contribui para o aumento sustentado de participação no mercado.

Esse movimento nacional pela melhoria das condições competitivas não é homogêneo. As empresas líderes são as mais avançadas e, mesmo dentro dessas, existem unidades de produção em estágios diferentes na busca da melhoria da competitividade (Nogueira & Toledo, 1999).

O sucesso de uma empresa depende da estratégia adotada e da forma como atinge seus objetivos. A função manufatura poderá dar suporte à vantagem competitiva desejada pela empresa. Segundo Slack (1993), atingir uma vantagem em manufatura significa fazer as coisas melhor do que os concorrentes. Fazer melhor significa:

- Fazer certo - a vantagem da qualidade;
- Fazer rápido - a vantagem da velocidade;
- Fazer pontualmente - a vantagem da confiabilidade;
- Estar apto a mudar o que é feito - a vantagem da flexibilidade;
- Fazer barato - a vantagem de custo.

Estes são, portanto, os cinco objetivos de desempenho da manufatura: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Eles são os elementos básicos da competitividade, no que se refere às preocupações da manufatura. Sobrepujar os concorrentes nestes cinco quesitos assegura uma vantagem competitiva.

Os avanços tecnológicos que estão ocorrendo a partir da microeletrônica, sistemas computadorizados e sistemas de informações têm transformado ainda mais a manufatura numa importante arma competitiva (Jelinek & Golhar, citado por Paiva, 1999).

Meredith (1987) destaca a importância das novas tecnologias na relação da empresa com o mercado e nas respostas às eventuais flutuações da demanda deste mercado. Considera o autor que o grande desafio a ser vencido pelas empresas é transformar os benefícios internos advindos de novas tecnologias em benefícios externos de mercado.

## **1.1 TEMA E JUSTIFICATIVA**

O tema deste trabalho é o processo de identificação de oportunidades de melhorias em sistemas de produção.

As empresas precisam aumentar a competitividade para se manter no mercado. Para isso, há necessidade da busca de melhorias contínuas e radicais em seus processos de produção. Os sistemas de produção precisam ser otimizados, devendo as melhorias ser planejadas e executadas a partir da identificação das perdas.

Nos sistemas produtivos em geral, existe uma série de perdas que as empresas tendem a ignorar, desprezando, com isso, inúmeras oportunidades de melhorias. A idéia básica da melhoria é simples: deseja-se realizar o trabalho de modo mais fácil, rápido, ao menor custo, melhor e com mais segurança (Suzaki, 1996).

Para que seja possível visualizar as perdas, é necessário enxergar o valor no fluxo de produção. Para que isso seja feito com eficácia usa-se o mapeamento da cadeia de valor.

Considerar a perspectiva da cadeia de valor significa considerar o sistema todo, não só os processos individuais; melhorar o todo, não só otimizar as partes (Rother & Shook, 1999).

Um completo mapeamento das perdas exige a aplicação de diversas ferramentas desconexas, sendo muitas delas, com foco em particularidades do sistema produtivo, dificultando sua integração. Este trabalho, então, concentra-se no desenvolvimento de uma metodologia que facilite e otimize o processo de mapeamento de oportunidades de melhorias.

Reforçando a importância de uma abordagem sistêmica na implementação de melhorias, Womack & Jones (1999) destacam que os esforços de *kaizen* (melhoramento contínuo) são bem mais efetivos quando aplicados estrategicamente, no contexto da construção de uma cadeia enxuta de valor.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

### 1.2.1 Objetivo Principal

O **objetivo principal** do presente trabalho consiste em propor uma metodologia de análise de sistemas de produção baseada na utilização conjugada de duas clássicas ferramentas de diagnóstico: o **mapeamento da cadeia de valor**, uma ferramenta desenvolvida pelo Operations Management Consulting Division (OMCD) da Toyota Motor Company e difundida por Rother & Shook, e a **análise do fluxo de processos** associada ao mecanismo da função produção (MFP), uma abordagem para análise de sistemas de produção focada nos conceitos de processos, operações e perdas.

### 1.2.2 Objetivos Secundários

São os seguintes os **objetivos secundários** desta dissertação:

- Utilizar a lógica das sete perdas de Ohno<sup>1</sup> para destacá-las no mapa da cadeia de valor identificando oportunidades de melhoria;
- Realizar melhorias contínuas no sistema de produção sob a ótica do mecanismo da função produção.

### 1.3 METODOLOGIA

O estudo desenvolve-se a partir de uma revisão bibliográfica sobre a lógica das perdas, o mecanismo da função produção, o mapeamento da cadeia de valor e os processos de melhoria no contexto da produção enxuta.

A metodologia proposta é, então, testada em um caso prático de otimização de um sistema de produção de cores para pintura de ônibus. A metodologia é aplicada em duas situações: no sistema dito tradicional e no sistema novo, permitindo além da análise dos dois sistemas à luz da lógica das perdas, a comparação entre eles.

### 1.4 ESTRUTURA

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos.

---

<sup>1</sup> Taiichi Ohno, pai do Sistema Toyota de Produção e patriarca das operações enxutas, originalmente criou as sete perdas e sua lógica foi defendida também por Shingeo Shingo, mas foi Deming quem enfatizou a redução das perdas no Japão nos anos 50 (Bicheno, 2000).

No primeiro capítulo apresenta-se uma introdução do assunto tratado, com comentários iniciais, tema e justificativa, objetivos, metodologia e delimitação do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre a lógica das perdas, os processos de melhoria, o mecanismo da função produção e a técnica de mapeamento da cadeia de valor .

No terceiro capítulo apresenta-se o estudo de caso com a descrição das empresas envolvidas e a utilização do método de análise conjugada de duas ferramentas: o mapeamento da cadeia de valor e a análise do fluxo de processos associada ao mecanismo da função produção. Ainda neste capítulo, compara-se os dois sistemas de produção de cores, demonstrando as características do novo sistema produtivo em relação ao sistema atual, evidenciando as melhorias.

No quarto capítulo apresenta-se e discute-se a estrutura do método de análise proposto aplicado ao caso prático.

Finalmente, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## **1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho é desenvolvido a partir da noção de que um sistema de produção é uma parte integrante e alinhada com os objetivos de uma organização.

Uma cadeia de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de produção, que são:

(1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, e

(2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Esta dissertação focaliza no fluxo de produção, desde a demanda do consumidor até a matéria-prima, o fluxo que geralmente relacionamos à produção enxuta.

Esta dissertação cobre o fluxo de produção de “porta a porta” dentro da planta, desde a entrega para a planta do cliente e a entrega de partes e materiais comprados (ver Figura 1).



**Figura 1 - Delimitação da Dissertação**

Segundo Shingo (1996a) todos os sistemas produtivos podem ser compreendidos como uma rede funcional de processos e operações. Segundo Antunes (1999), este conceito é importante, precisamente porque ele promove um rompimento conceitual com a administração da produção de origem norte-americana representada por Taylor/Gilbreth's/Ford. Por que este rompimento conceitual? Porque na tradição americana relativa à administração da produção os processos eram visualizados como um conjunto de operações. Sendo assim, as melhorias nas operações levariam imediatamente a melhorias no processo. Esta hipótese básica pode ser falseada. Por exemplo, ao comprar-se uma máquina para aumentar a capacidade em uma operação não gargalo, a operação está sendo melhorada (as máquinas foram melhoradas) porém o processo piorou porque o fluxo de materiais

continua restringido pelo gargalo e os custos totais da fábrica aumentaram. Isto implicará no fato de que a produtividade econômica será reduzida (Antunes, 1999).

Portanto, a metodologia proposta analisa o sistema de produção até o nível do fluxo de processos, segundo a ótica do mecanismo da função produção. A metodologia não incorpora a análise do fluxo de operações, por considerar, conforme Shingo (1996a) mesmo aponta, que as maiores oportunidades de melhoria revelam-se no nível dos processos. Outro fator importante foi a preocupação em propor uma metodologia de análise eficaz, mas simples e de fácil aplicação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a lógica de melhorias no contexto do modelo de produção enxuta, conforme desenvolvido por Ohno (1997) e posteriormente ampliado por outros autores como Shingo (1996a, 1996b), Monden (1984) e Womack & Jones (1998).

Assim, nesta revisão, segue-se o sistema de produção enxuta, a lógica das perdas – essencial no desenvolvimento de cada um de seus elementos, o mecanismo da função produção – a interpretação de Shingo (1996a, 1996b) acerca da estrutura do sistema de produção e essencial abordagem na implementação de melhorias, *kaizen* e *kaikaku* – os processos de implementação contínua de melhorias no sistema.

A revisão bibliográfica é concluída com a apresentação de uma ferramenta fundamental para o diagnóstico do sistema de produção e identificação das oportunidades de melhorias: o mapeamento da cadeia de valor, lançando, assim, as bases para o capítulo seguinte – o estudo de caso, desenvolvido em uma companhia que fabrica tintas para pintura de ônibus.

## 2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA: FUNDAMENTOS

O Sistema de Produção Enxuta é uma filosofia de gerenciamento que busca otimizar a empresa a fim de eliminar perdas onde quer que elas estejam e fazer com que o cliente receba o que deseja, na quantidade requisitada, no menor prazo possível, com elevada qualidade e ao mais baixo custo (Cabral & Andrade, 1998; Ghinato, 2000).

O Sistema de Produção Enxuta geralmente é referenciado na literatura como Sistema Toyota de Produção - STP (Ohno, 1997; Shingo, 1996a) ou como Sistema de Produção com Estoque Zero - SPEZ (Shingo, 1996b).

O Sistema Toyota de Produção foi um marco histórico que revolucionou a administração da produção. Foi desenvolvido a partir do desafio lançado pelo presidente da Toyota Motor Company, Kiichiro Toyoda em 1945: "Precisamos alcançar a América em três anos, caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá" (Ohno, 1997).

A produção enxuta (do original em inglês, *lean*) é um sistema integrado de princípios, procedimentos operacionais e ferramentas, que possibilita a contínua busca da perfeita geração de valor para o cliente, tendo o *Just-In-Time* e o *Jidoka* como seus dois pilares de sustentação (Ghinato, 1999).

O *Just-In-Time* (JIT) é um dos elementos da moderna administração industrial mais discutidos e divulgados. Apesar de muitos autores confundi-lo com o Sistema Toyota de Produção, JIT é apenas uma técnica de gerenciamento.

*Just-In-Time* significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo (Ghinato, 2000). Conforme Shingo

(1996a), a expressão *Just-In-Time* significa "no momento certo", "oportuno". Uma melhor tradução para o inglês seria *Just-On-Time*, ou seja, exatamente no momento estabelecido. *Just-In-Time*, em inglês, significa "a tempo", dando a impressão de urgência.

A idéia de *jidoka* ou automação, como também é conhecida, surgiu em 1901, quando Sakichi Toyoda imaginou inventar um tear auto-ativado, que pararia quando produzisse a quantidade necessária ou quando um fio rebentasse. A intenção com a criação da automação era que um operador pudesse operar mais de uma máquina ao mesmo tempo. A invenção de Sakichi Toyoda foi aplicada às máquinas da Toyota Motor Company por Taiichi Ohno (Ohno, 1997; Ghinato, 1996).

*Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade. A idéia central é impedir a geração e a propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e no fluxo de produção (Ghinato, 2000).

## **2.2 PERDAS**

Os princípios de produção defendidos por Ohno e Shingo estão fortemente vinculados ao conceito de perdas (Ohno, 1997; Shingo, 1996a, 1996b).

Segundo Taylor e Ford, a noção de perdas entre os industriais no início do século estava associada basicamente com o desperdício de materiais (Taylor, 1992; Antunes, 1994). Taylor (1992) associava a visão de perdas diretamente à problemática da eficiência industrial nos EUA e mantinha uma posição pragmática frente à postura hegemônica na época, contestando-a:

“Vemos e sentimos o desperdício das coisas materiais. Entretanto, as ações desastradas, ineficientes e mal orientadas dos homens não deixam indícios visíveis e palpáveis. Por isso, ainda que o prejuízo diário daí resultante seja maior que o desastre das coisas materiais, estas últimas nos abalam profundamente, enquanto aquele apenas levemente nos impressiona” (Taylor,1992).

Ghinato (1999) defende que, do ponto de vista da engenharia industrial, existe uma diferença fundamental entre perda e desperdício:

- **Perda<sup>2</sup>**: utilização ineficaz de um determinado recurso, ocorrida ao longo da cadeia de valor de um determinado produto/serviço;
- **Desperdício<sup>3</sup>**: extravio/descarte, via de regra não intencional, de um determinado recurso por simples negligência. Por exemplo: desperdício de energia, desperdício de matéria-prima por má embalagem ou conservação, desperdícios de óleos lubrificantes decorrentes de vazamento.

Embora reconheça-se a diferença fundamental entre perda e desperdício do ponto de vista da engenharia industrial, os termos perda e desperdício serão utilizados como sinônimos, sempre com referência à definição de perda, apresentada acima.

A lógica das perdas desenvolvida por Ohno, e defendida também por Shingo, procura identificar e eliminar as perdas (*muda*) presentes ao longo da cadeia de valor do produto/serviço em questão.

---

<sup>2</sup> Em japonês *muda*.

<sup>3</sup> Em japonês *mottainai*.

Taylor associava, enfim, as perdas a algumas causas fundamentais, entre elas:

- a) a falta de uma visão gerencial por parte do capital, relativamente à questão do treinamento e da formação das pessoas e da forma de organizá-las segundo a ótica do capital;
- b) a deficiente visão sistêmica da organização da produção na época.

Ford, na mesma linha de pensamento, questiona o que seria necessário colocar no centro da problemática do desperdício e, como proposta, sugere que seja o trabalho humano (Antunes, 1994; Müller, 1996).

Ford parte do princípio de que os materiais nada valem, adquirindo importância na medida em que chegam às mãos dos trabalhadores. Ou seja, dentro da lógica de agregação de valor, os materiais seriam visualizados meramente como objetos da produção. As perdas de materiais decorreriam diretamente da utilização desnecessária do trabalho humano.

Ohno (1997) afirma que o pensamento de Henry Ford é universal e ortodoxo no que concerne à análise das perdas no negócio. Daí a importância histórica do pensamento de Ford para o desenvolvimento do conceito de perdas.

Ainda segundo Ohno (1997), deve haver uma total compreensão do conceito de perdas, para que se possa detectá-las e eliminá-las completamente. Ohno propõe que os

analistas industriais tenham uma visão dinâmica dos sistemas produtivos que, no longo prazo, aponte para a "perda-zero"<sup>4</sup>.

Ohno (1997) observa que é necessário dividir o movimento dos trabalhadores em duas diferentes dimensões: trabalho e perdas. O trabalho pode ser subdividido em dois grupos: trabalho efetivo - que agrega valor e trabalho adicional - que não agrega valor.

O trabalho efetivo significa algum tipo de processamento que gera mudança de forma/características ou montagem. Trabalho adicional é necessário para suportar o trabalho que agrega valor. São atividades que devem ser executadas diante das presentes condições de trabalho. Perda constitui-se, conceitualmente, de trabalho desnecessário, ou ações que geram custos, porém não agregam valor ao produto/serviço.

O objetivo perseguido por Ohno (1997) consiste em aumentar a taxa de trabalho que agrega valor, eliminando perdas, minimizando trabalho adicional e maximizando trabalho efetivo.

Para sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação de perdas, Ohno (1997) e Shingo (1996a) propõem sete grandes classes de perdas:

1. Perda por Superprodução;
2. Perda por Transporte;
3. Perda no Processamento em si;

---

<sup>4</sup> Aqui é importante entender o significado do **zero** em conceitos como: perda-zero, estoque-zero, quebra-zero, acidente-zero, etc. Este **zero** não tem o significado quantitativo usualmente utilizado no ocidente, mas sim implica na necessidade de colocar as pessoas e grupos a melhorar contínua e permanentemente suas atividades no sentido da perfeição. O **zero**, portanto, significa movimento permanente em direção à perfeição (Antunes, 1999).

4. Perda por Fabricação de Produtos Defeituosos;
5. Perda por Movimentação;
6. Perda por Espera;
7. Perda por Estoque.

### **2.2.1 Perda Por Superprodução**

Ohno (1997) afirma que "as perdas por superprodução são os nossos piores inimigos, porque elas ajudam a esconder outras perdas".

De acordo com Shingo (1996a), existem dois tipos de perdas por superprodução:

- a) Quantitativa;
- b) Antecipada.

A superprodução quantitativa é a perda por produzir além do volume programado ou requerido, enquanto a superprodução antecipada é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ou seja, as peças/produtos fabricadas ficarão aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores.

### **2.2.2 Perda Por Transporte**

Para Shingo (1996a) e Ghinato (1996), o transporte é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarado como perda que deve ser minimizada. A otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação.

### **2.2.3 Perda no Processamento em Si**

Perdas no processamento em si consistem naquelas atividades de processamento que são desnecessárias para que o produto/serviço adquira as características desejadas ou especificadas pelo cliente.

A localização destas perdas se faz através de duas perguntas básicas:

- a) Porque este tipo de produto/serviço específico deve ser produzido? Pergunta típica da aplicação da Engenharia de Valor;
- b) Dado que o produto/serviço foi definido, porque os atuais métodos devem ser utilizados neste tipo de trabalho? Abordagem de otimização via Análise de Valor.

### **2.2.4 Perda Por Fabricação de Produtos Defeituosos**

As perdas por fabricar produtos defeituosos consistem na produção de peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendem às especificações de qualidade requeridas pelo projeto. Para o IMAM (1996), a pior situação da perda é aquela na qual o defeito passa despercebido por todo o processo de manufatura e é descoberto mais tarde pelo cliente. Não só os custos de distribuição e garantia aumentam, como também os futuros negócios e a fatia do mercado são afetados de maneira adversa.

### **2.2.5 Perda Por Movimentação**

Para Ghinato (1996, 2000), "as perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação". Para Hines & Taylor (2000), esta perda por movimentação está relacionada com a organização

deficiente no local de trabalho, resultando em condições ergonômicas deficientes. Bicheno (2000) afirma que, atualmente, esta perda é também uma questão de segurança e saúde.

Segundo Imai (1997), para identificar e eliminar este tipo de perda deve-se analisar a forma como os operadores usam suas mãos e pernas, rearranjar a posição das peças e desenvolver ferramentas adequadas. Para Ghinato (1996, 2000), este tipo de perda pode ser eliminada através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos.

### **2.2.6 Perda Por Espera**

Shingo (1996a) distingue dois tipos de perda por espera:

- a perda por espera do processo, que acontece, por exemplo, quando um lote inteiro permanece esperando a liberação e/ou a disponibilidade do recurso, enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado;
- a perda por espera do lote, que acontece, por exemplo, quando os componentes de um lote esperam até que o processamento de todo o lote seja concluído.

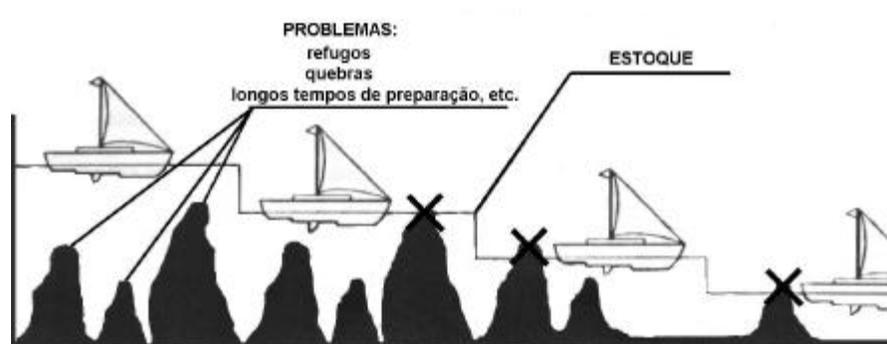
### **2.2.7 Perda Por Estoque**

As perdas por estoque acontecem pela manutenção de estoques de matérias-primas, material em processamento e produtos acabados.

Para Ghinato (1996), uma grande barreira para o ataque às perdas por estoque é a vantagem que os estoques proporcionam de aliviar os problemas de sincronia entre os processos. Os estoques têm sido interpretados como um "mal necessário" nas companhias ocidentais, fazendo com que os gerentes mantenham uma certa quantidade de estoque de

segurança, cuja ênfase é na sua função de amortecimento contra instabilidades na produção. Já no STP, segundo Ghinato (1996), persegue-se a produção sem estoques utilizando a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários também como uma forma de identificar outros problemas no sistema produtivo, escondidos por trás dos estoques. No STP utiliza-se o *kanban*<sup>5</sup>, que é um método de operacionalizar o sistema de programação e controle puxado (Slack et al, 1997). O *kanban* age como disparador da produção de centros produtivos em estágios anteriores do processo produtivo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais.

Para Shingo (1996a), a diminuição gradual no número de *kanban* conduz à reduções no estoque de amortecimento contra a instabilidade da produção. Shingo (1996a) utiliza a metáfora de um lago para ilustrar o papel do *kanban* na redução do estoque: quando o nível da água (estoque) do lago diminui, o ponto mais alto do leito do lago surge à tona. Quando o ponto alto é removido, o lago torna-se novamente “navegável”, até que, baixando o nível da água continuamente, surja um novo “obstáculo” (perda), que será também removido, em sintonia com a dinâmica da contínua identificação e eliminação das perdas (ver Figura 2).



**Figura 2 - Redução do Nível de Estoque (Água) para Expor os Problemas de Processo  
(Adaptado de Correa & Gianese, 1996)**

<sup>5</sup> *Kanban*: palavra japonesa que, numa tradução literal, significa "registro visível" ou "placa visível" (Black, 1998).

Antunes (1999) afirma que quanto maior a variabilidade do sistema de produção maior é a necessidade da utilização de estoques. Shingo (1996a) propõe uma tipologia para os estoques intermediários nas empresas. Para ele, existem três tipos distintos de estoques intermediários:

- Estoques devido ao desbalanceamento entre os processos. Dois fatores justificam a existência destes estoques: o desbalanceamento das quantidades e a falta de sincronização da produção;
- Estoques que compensam problemas crônicos. Exemplo destes problemas crônicos são: quebra de máquinas, produtos defeituosos, tempo elevado de troca de ferramentas, mudanças nos planos de produção, tempos de produção com alta variação;
- Estoques devido à previsão gerencial de algum desequilíbrio na produção. Estes estoques às vezes são chamados de "estoques de segurança". De forma geral, estes estoques são justificados por fatores tais como: eliminação de possíveis atrasos de entrega, erros na programação da produção, superestimativas da necessidade de estoques contra quebras de máquinas e defeitos dos produtos e uma programação da produção indefinida.

Para Antunes (1999), as técnicas do STP objetivam reduzir as variabilidades através de ações nos sistemas de produção, o que implica na possibilidade de redução substancial dos estoques.

De acordo com Shingo (1996a), a diminuição dos estoques é o principal instrumento para alcançar o enxugamento do tempo de atravessamento (*lead time*), sendo mais efetiva do que a diminuição do tempo de processamento em si.

Shingo propõe que estas sete perdas sejam identificadas e eliminadas a partir da lógica do Mecanismo da Função Produção (MFP).

### **2.3 PROCESSOS DE MELHORIA: *KAIZEN* E *KAIKAKU***

Segundo Imai (1994), existem dois possíveis enfoques para a melhoria: o enfoque gradual - *kaizen*<sup>6</sup> e o enfoque radical de grandes saltos, resumido pelo termo em japonês *kaikaku*<sup>7</sup>.

O *kaikaku* é visto como mudanças importantes e radicais seguindo os avanços tecnológicos, ou como a introdução dos mais recentes conceitos de administração ou técnicas de produção. O *kaikaku* é empolgante e atrai a atenção. O *kaizen*, por outro lado, frequentemente é monótono e sutil e raramente os seus resultados são visíveis de imediato. Enquanto o *kaizen* é um processo contínuo, o *kaikaku* é, geralmente, um fenômeno momentâneo. A Tabela 1 compara as principais características do *kaikaku* e do *kaizen*.

Para Rodrigues (2000), citando Imai, o *kaizen* aposta num esforço continuado, em soluções baratas baseadas na engenhosidade do pessoal, no envolvimento de todos e na idéia central do combate às perdas (*muda*). De acordo com Rodrigues (2000), os dez mandamentos do *kaizen* são:

---

<sup>6</sup> O japonês Masaaki Imai criou o conceito de *Kaizen*, em que *Kai* significa, em japonês, mudança e *zen* para melhor. Da junção nasceu a estratégia minuciosa de melhorias graduais implementadas continuamente.

<sup>7</sup> Termo de origem japonesa que significa melhoramento radical. Também chamado em inglês de *breakthrough* ou de *radical improvement* e em português de inovação.

- As perdas são o inimigo público "número um". Para eliminar é preciso sujar as mãos;
- Melhorias graduais feitas continuamente. Não é ruptura pontual;
- Toda a gente tem de estar envolvida, quer gestores do topo e intermédios, quer pessoal de base. Não é elitista;

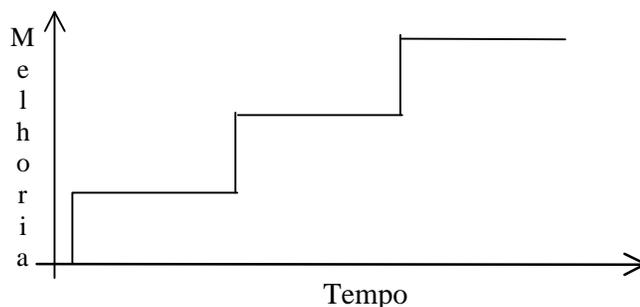
**Tabela 1 - Características do *Kaikaku* e do *Kaizen***  
(Adaptado de Imai, 1994; Slack et al, 1997)

<b>Característica</b>	<b><i>Kaikaku</i></b>	<b><i>Kaizen</i></b>
Efeito	A curto prazo, porém empolgante	A longo prazo e duradouro, porém monótono
Ritmo	Grandes progressos	Pequenos progressos
Evolução do Tempo	Intermitente e não incremental	Contínuo e incremental
Mudança	Repentina e passageira	Gradual e constante
Envolvimento	Poucos "defensores" selecionados	Todos
Enfoque	Forte individualismo, idéias e esforços individuais	Coletivismo, esforços de grupo e enfoque sistêmico
Riscos	Concentrados; "todos os ovos em uma cesta"	Diversos; muito projetos simultaneamente
Estímulo	Avanços tecnológicos, novas invenções, novas teorias	<i>know-how</i> e atualizações tradicionais
Exigências Práticas	Requer grande investimento, mas pequeno esforço para mantê-lo	Requer pequeno investimento, mas grandes e permanentes esforços e compromisso para mantê-lo
Orientação de Esforços	Tecnologia	Pessoas
Critério de Avaliação	Nível de impacto na lucratividade	Nível de empenho e esforços por melhores resultados
Vantagem	Adapta-se melhor à economia de crescimento rápido	É útil na economia de crescimento lento

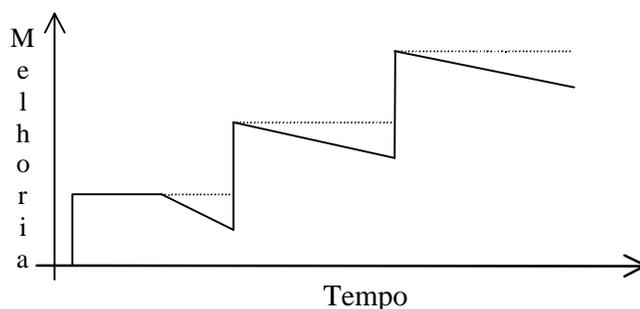
- Assenta numa estratégia barata, acredita num aumento de produtividade sem investimentos significativos. Não aplica somas astronômicas em tecnologia e consultores;
- Aplica-se em qualquer lugar. Não serve só para os japoneses;
- Apoia-se numa "gestão visual", numa total transparência de procedimentos, processos e valores. Torna os problemas e as perdas visíveis aos olhos de todos;
- Focaliza a atenção no local onde se cria realmente valor (*gemba* - palavra japonesa que ilustra a imagem do local onde a ação decorre);
- Orienta-se para os processos;
- Dá prioridade às pessoas, ao *humanware*. Acredita que o esforço principal de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas (orientação pessoal para a qualidade, trabalho em equipe, cultivo da sabedoria, elevação do moral, auto-disciplina, círculos de qualidade e prática de sugestões individuais ou de grupo);
- O lema essencial da aprendizagem organizacional é aprender fazendo.

Imai (1994) compara a diferença entre os dois conceitos com a diferença entre uma escada e uma rampa. A estratégia do *kaikaku* deve gerar melhorias em uma progressão de escada, conforme representado na Figura 3. No entanto, Imai (1994) afirma que a estratégia de *kaikaku* aplicada isoladamente não gera melhorias em uma progressão de escada e sim segue o modelo mostrado na Figura 4. Isso acontece porque o sistema implantado como

resultado do *kaikaku* está sujeito à deterioração constante, a menos que sejam feitos esforços contínuos, primeiro para mantê-lo e depois para melhorá-lo.



**Figura 3 - Modelo Ideal a partir do *Kaikaku* (Imai, 1994)**



**Figura 4 - Modelo Real a partir do *Kaikaku* (Imai, 1994)**

Deve haver um esforço contínuo de melhoramento até para manter o *status quo*. Quando não existe tal esforço, a degeneração é inevitável (ver Figura 5). Por isso, mesmo quando um *kaikaku* torna realizável um padrão revolucionário de desempenho, o novo nível de desempenho cairá, a menos que o padrão seja constantemente desafiado e aperfeiçoado. Assim, sempre que um *kaikaku* é realizado, ele deve ser seguido de uma série de esforços *kaizen* para mantê-lo e melhorá-lo (ver Figura 6). A idéia visual da Figura 6 é de um processo em degraus sucessivos. O *kaizen* vem imediatamente após o *kaikaku*, e o *kaikaku* surge quando se esgotou a melhoria contínua. Segundo Rodrigues (2000), citando Imai, o problema é o balanceamento das duas óticas e o saber passar de um degrau para outro. Womack & Jones (1998) afirmam que a combinação de *kaikaku* e *kaizen* pode gerar melhorias infinitas.

Eles citam que as empresas que completam o realinhamento radical em sua cadeia de valor, em geral dobram a produtividade mediante melhorias incrementais dentro de dois a três anos e cortam pela metade seus estoques, erros e *lead times* durante esse período.

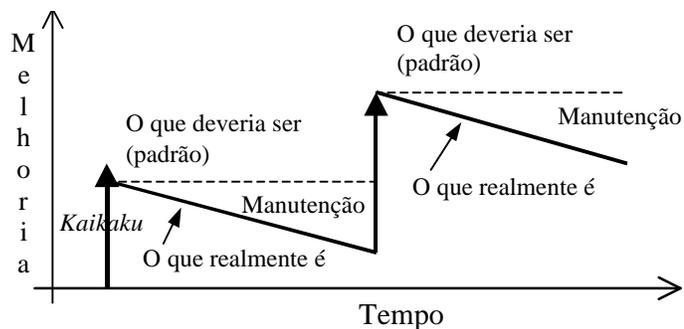


Figura 5 - *Kaikaku* Sozinho (Adaptado de Imai, 1994)

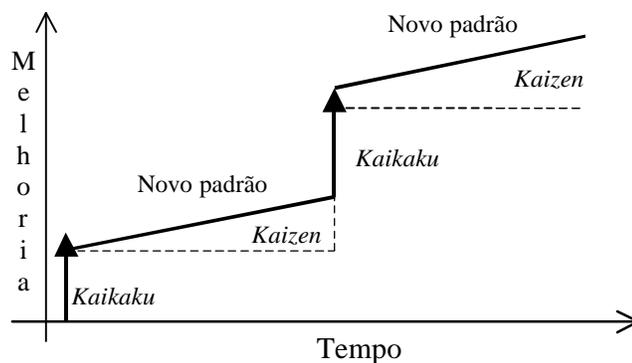


Figura 6 - *Kaikaku* mais *Kaizen* (Adaptado de Imai, 1994)

Segundo Imai (1997), em qualquer empresa o *kaizen* deve começar com três atividades: a padronização, os 5S<sup>8</sup> e a eliminação das perdas (*muda*). Ele afirma que estas atividades são os três pilares do *gemba kaizen*<sup>9</sup>. Estas atividades são indispensáveis no

<sup>8</sup> Os 5S referem-se a cinco palavras japonesas que começam com S encerrando em si os conceitos de utilização (*seiri*), ordenação (*seiton*), limpeza (*seiso*), bem estar (*seiketsu*) e autodisciplina (*shitsuke*) (Galsworth, 1997).

<sup>9</sup> Termo utilizado por Imai (1997) para descrever as atividades de *kaizen* no *gemba*, ou seja, o *kaizen* no exato local onde se quer fazer a melhoria, usualmente o chão de fábrica.

desenvolvimento de um *gemba* enxuto, eficiente e bem sucedido e são especialmente importantes para que a empresa alcance o *status* classe mundial no setor de produção.

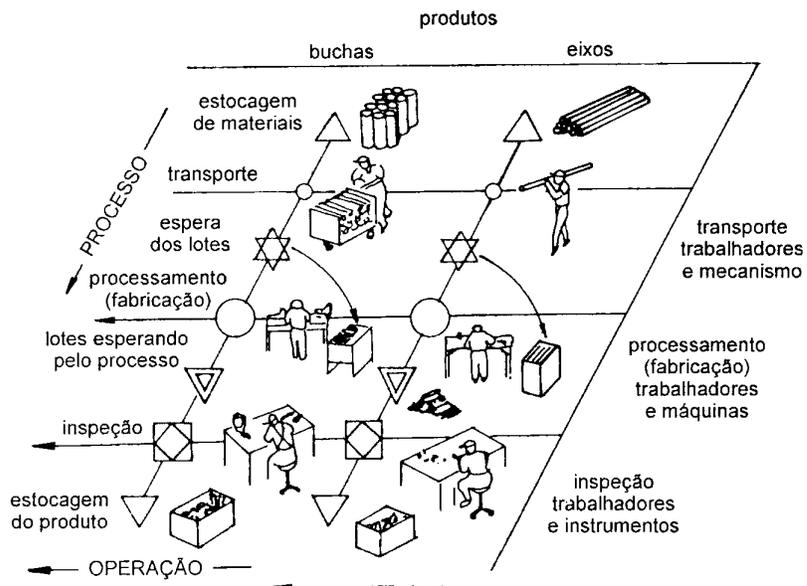
## **2.4 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO E AS MELHORIAS**

A análise do mecanismo da função produção é fundamental para a introdução de melhorias em um sistema produtivo. A compreensão de que processos e operações são funções distintas e se interceptam ortogonalmente é essencial para o estabelecimento das prioridades de melhorias na estrutura (Ghinato, 1996).

O mecanismo da função produção, da forma como foi definido por Shingo (1996a), pode ser entendido como uma rede de processos e operações. Da mesma forma, “toda produção pode ser compreendida como uma rede funcional de processos e operações” (Shingo, 1996a).

A estrutura deste mecanismo é constituída de uma rede funcional dinâmica de processos e operações combinadas em fluxos ortogonais, conforme representado na Figura 7 (Shingo 1996a; Ghinato, 1996).

Um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação - a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço (Shingo, 1996a).



**Figura 7 - A Estrutura em Rede da Produção (Shingo, 1996a)**

Segundo Antunes (citado por Ghinato, 1996), a função processo pode ser entendida como “o fluxo de materiais ou produtos de um trabalhador para outro, nos diferentes estágios nos quais pode-se observar a transformação gradativa das matérias-primas em produtos acabados”. De acordo com Ghinato (1996), esta interpretação enfatiza o caráter analítico do mecanismo da função produção, ou seja, caracteriza a “observação” da produção do ponto de vista do objeto de trabalho (os materiais ou produtos).

A interpretação de Ghinato (1996) de operação, que refere-se à análise dos diferentes estágios nos quais os trabalhadores, as máquinas e equipamentos podem estar trabalhando ou sendo aplicados em produtos diferentes, caracteriza a “observação” da produção com o foco dirigido e mantido em um ponto da estrutura de produção ocupado por um operador, uma máquina/equipamento, ou ainda, uma combinação de ambos.

A definição dos fenômenos do processo pode ser genericamente estabelecida conforme segue (Shingo, 1996a; Ghinato, 1996):

- Processamento: mudança na forma, mudança nas propriedades, montagem ou desmontagem;
- Inspeção: comparação com um padrão;
- Transporte: mudança de posição;
- Espera ou Estocagem: passagem de tempo sem a execução de qualquer processamento, inspeção ou transporte. A espera pode ser classificada em quatro categorias:
  - Espera ou estocagem de matérias-primas;
  - Espera do processo: o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);
  - Espera do lote: é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida, até que todas as peças do lote tenham sido processadas para, então seguir para o próximo passo ou operação;
  - Espera ou estocagem dos produtos acabados.

Shingo (1996a) propôs a representação dos fenômenos do processo conforme apresentado na Figura 8.



**Figura 8 - Simbologia de Identificação de Processos Segundo Shingo (1996a)**

Segundo Shingo (1996a), todas as atividades de produção, independentemente de diferenças na forma, número ou combinação podem ser representadas por esta simbologia. O uso desta simbologia de identificação de processos é chamado por Hines & Taylor (2000) e por Bicheno (2000) como mapeamento das atividades de processo, ou simplesmente mapa de processo; por Bockerstette & Moura (1995), como mapeamento do processo e por Slack et al (1997), como diagrama de fluxo de processo. Para Jacobsmeyer (1994), o mapeamento de processo é uma técnica de documentação e análise do processo de manufatura para obtenção de um produto. Como o mapa de processo é construído seguindo a ótica dos processos, isto é, acompanhando a produção do ponto de vista do objeto de trabalho (os materiais ou produtos) no tempo e no espaço, ele serve para entender o processo de manufatura e identificar oportunidades de melhoria, pois segundo Shingo (1996a), as principais melhorias devem estar associadas ao processo.

Para Bicheno (2000), da análise básica do mapa de processo:

- obtém-se a proporção do tempo de valor agregado;

- identifica-se, via análise de Pareto, as áreas de grande oportunidade;
- registra-se o estado atual.

### **2.4.1 Eliminação das Perdas Através de Melhorias**

Quais as melhorias mais importantes? No processo ou na operação? Shingo (1996a) responde que as principais melhorias estão necessariamente associadas ao processo, argumentando que os processos servem aos clientes e as operações melhoram a eficiência das partes.

Assim, é possível que mesmo que as operações apresentem resultados excelentes, como por exemplo, uma máquina de concepção muito moderna, o sistema produtivo em sua totalidade não esteja otimizado.

Em geral, no Ocidente, os conceitos de processo e operação são imaginados como pertencentes a um mesmo eixo de análise. A operação estaria diretamente relacionada com pequenas unidades de análise, ao passo que o processo seria visualizado a partir de grandes unidades de análise (Müller, 1996). A partir desta abordagem, os processos seriam constituídos de um grupo de operações. Desta forma, uma vez obtidas melhorias nas operações (nível micro), automaticamente estaria obtendo-se melhoria no processo (nível macro) do qual faz parte este conjunto de operações.

Shingo (1996a) coloca que, mesmo no Japão, alguns autores seguem as concepções ocidentais sobre estes conceitos, mas ressalta que estas duas análises (processo e operação) devem ser feitas de forma independente, embora necessariamente interrelacionadas.

## **2.4.2 Eliminação das Perdas Através de Melhorias Fundamentais na Função**

### **Processo**

A melhoria de processo está vinculada a como podem ser melhorados os quatro fenômenos: processamento, inspeção, transporte e espera. Desses, apenas o processamento agrega valor; os outros podem ser encarados como perda. No passado, a forma comum de se atingir a melhoria do processo era “melhorar a perda”. Segundo Shingo (1996a), ao invés disso, melhorias fundamentais devem ser efetivadas, porque elas eliminam o fenômeno, eliminando conseqüentemente a perda e, assim, a necessidade de "melhorá-la". Um exemplo típico são as melhorias básicas no *layout* da fábrica, com o objetivo de minimizar a necessidade de transporte. Outros exemplos dessa abordagem aplicada à inspeção, transporte e esperas podem ser encontrados na obra de Shingo (1996a).

#### **2.4.2.1 Melhoria no Processamento**

Segundo Shingo (1996a), o processamento pode ser melhorado de duas maneiras. A primeira consiste em melhorar o produto em si através da engenharia de valor. A segunda consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação.

Fica claro que, no momento em que os métodos tradicionais são questionados e estudados, métodos novos e mais efetivos podem ser criados. É possível obter melhorias substanciais sempre que se procuram maneiras de impedir que os problemas ocorram, ao invés de corrigi-los após seu aparecimento.

### 2.4.2.2 Melhoria na Inspeção

Segundo Shingo (1996a) e Ghinato (1996), existem basicamente três métodos de inspeção distintos, atendendo cada qual a um objetivo específico, conforme segue:

- Para descobrir defeitos o método utilizado é a inspeção por julgamento;
- Para reduzir defeitos o método utilizado é a inspeção informativa;
- Para eliminar defeitos o método utilizado é a inspeção na fonte.

Inicialmente, é necessário que se tenha em mente que os defeitos provenientes do processamento não são passíveis de mudança em um estágio de inspeção posterior, pois esta é executada depois da ocorrência do defeito. Este tipo de inspeção é chamado por Shingo (1996a) de **inspeção por julgamento**, porque simplesmente distingue produtos defeituosos de não-defeituosos e emite um "certificado *postmortem*".

A **inspeção informativa** cumpre a função de informar imediatamente ao responsável pelo processamento a ocorrência do defeito, buscando melhorias no método de processamento. Essa transferência de informação é chamada "função de *feed-back* da inspeção", que por sua ação determina a redução contínua de defeitos.

A **inspeção na fonte** surge com o questionamento de porquê apenas detectar os defeitos e não tentar preveni-los. Partindo dessa lógica, a inspeção passa a ser aplicada na origem, detectando erros antes de transformarem-se em defeitos. A inspeção na fonte depende da utilização de dispositivos *Poka-Yoke*<sup>10</sup> em regime 100%.

---

<sup>10</sup> *Poka-Yoke* pode ser conceituado como um sistema composto de dispositivos (um ou mais) que são capazes de detectar a ocorrência de anormalidades, impedindo a execução irregular de uma atividade, e/ou identificar o fim da produção desejada (Müller, 1996). Também chamados de dispositivos "à prova de erros" (Shingo, 1996a).

### **2.4.2.3 Melhoria no Transporte**

Com relação ao transporte, faz-se necessária a diferenciação entre a melhoria no processo de transporte e a melhoria na operação de transporte.

Segundo Shingo (1996a), o transporte é um custo que não agrega valor ao produto. A maioria das pessoas tenta melhorar o transporte, utilizando empilhadeiras, correias transportadoras, calhas transportadoras e outros, o que na verdade melhora apenas o trabalho de transporte. Melhorias reais no transporte eliminam a função transporte tanto quanto possível. A meta consiste em aumentar a eficiência da produção, o que é conseguido com o aprimoramento do *layout* dos processos.

### **2.4.2.4 Melhoria no Estoque**

O STP busca a eliminação total dos estoques, e com esse intuito implementa melhorias focadas na eliminação das esperas de processo e do lote e na eliminação de estoques de matérias-primas e produtos acabados, conforme descrito a seguir:

#### **a) Eliminação das Esperas de Processo**

Para Shingo (1996a), a espera do processo refere-se tanto a lotes de itens não processados como a acumulação de estoque excessivo a ser processado ou entregue. O estoque excessivo é criado de duas maneiras:

- Esperas de processo quantitativas resultam de taxas de defeitos superestimadas, provocando excesso de produção. O excedente tem que esperar entre processos;

- Esperas de processo relacionadas ao seqüenciamento da produção, que ocorrem quando a produção se antecipa à programação, ou seja, quando muito é produzido muito cedo, provocando esperas adicionais entre os processos.

Segundo Antunes (1999), o ataque sistemático às esperas do processo implica em técnicas geralmente associadas ao Planejamento e Controle da Produção de forma particular e à lógica de sincronização da produção de forma ampla.

Segundo Shingo (1996a), a redução de estoque entre processos somente pode ser obtida depois de melhorados transporte, inspeção e as causas de instabilidade do processamento.

#### **b) Eliminação das Esperas de Lote**

Uma espera de lote é a espera criada pela necessidade de esperar pelo processamento de todo um lote (Shingo, 1996b).

No STP, adota-se a idéia do lote de transferência unitário, ou seja, após processada a peça em uma determinada operação, ela deve ser imediatamente transportada para o próximo passo ou operação, não havendo a necessidade de espera até que todo o lote seja processado.

Ressalta-se que a diminuição do lote de transferência acarreta o aumento do número de transportes, evidenciando a necessidade de um prévio rearranjo do *layout*. Antunes (1999) afirma que a melhoria das esperas do lote implicam, de forma geral, na necessidade da utilização de ferramentas que modifiquem a realidade física da fábrica, tais como: Troca Rápida de Ferramentas e o *layout* celular.

### c) **Eliminação de Estoques de Produtos Acabados e de Matérias-primas**

Antunes (1999) questiona a necessidade da formação de estoque de produtos acabados na fábrica. A explicação relaciona-se com o estudo da relação entre o chamado Ciclo de Produção - P e o intervalo admissível pelo comprador ou o chamado Ciclo de Entrega - E (Shingo, 1996a, 1996b). Por exemplo, supondo que o Ciclo de Produção de uma dada fábrica A seja de 30 dias e o Ciclo de Entrega seja de 10 dias, torna-se inevitável a constituição de estoques ou não será possível atender a demanda dos clientes dentro do prazo estabelecido. Se o Ciclo de Produção desta fábrica for reduzido drasticamente para 5 dias, não haverá a necessidade de constituição de estoques de produtos acabados. Em geral pode-se dizer que:

- Se  $P > E$  existirá a necessidade de formação de estoques de produtos acabados;
- Se  $P < E$  não existirá a necessidade de formação de estoques de produtos acabados.

Sendo assim, duas alternativas são passíveis de ser utilizadas na prática, objetivando a eliminação dos estoques de produtos acabados: a redução do Ciclo de Produção - P e o incremento do Ciclo de Entrega - E. Segundo Antunes (1999), o incremento do Ciclo de Entrega torna-se quase inviável na prática atual do mercado, uma vez que o tempo de atendimento e o cumprimento dos prazos tornam-se cada vez mais importantes como fatores competitivos. O acirramento da competição tem levado a uma situação onde os Ciclos de Entrega - E têm se tornado cada vez menores. No caso da Toyota, buscou-se radicalmente a alternativa de reduzir os Ciclos de Entrega de seus produtos. Segundo Antunes (1999), estes Ciclos de Entrega dependem da existência das chamadas esperas do lote e das esperas do processo.

Quanto à existência de estoques de matérias-primas na fábrica, o STP segue a mesma lógica da relação entre E e P. Segundo Antunes (1999), a Toyota adotou uma firme lógica de desenvolvimento de fornecedores com Ciclos de Entrega próximos de zero (E muito pequeno), ou seja, adotando a lógica da entrega do tipo *Just-In-Time*. Para os fornecedores da Toyota existem duas alternativas, que são: assumir o custo financeiro dos estoques de produtos acabados em suas fábricas devido ao fato de seus Ciclos de Produção - P serem maiores do que os Ciclos de Entrega - E propostos pela Toyota, ou trabalhar internamente na fábrica com o objetivo de reduzir seus Ciclos de Entrega - E atacando suas esperas do lote e do processo. É claro que a Toyota incentiva a adoção da segunda alternativa, uma vez que esta é, de fato, a única via capaz de reduzir os custos da matéria-prima.

A real intenção de todas essas melhorias é a redução do tempo de atravessamento (*lead time*), a redução dos custos associados e o conseqüente aumento do lucro.

### **2.4.3 Eliminação das Perdas Através de Melhorias Fundamentais na Função**

#### **Operação**

Segundo Ghinato (1996), qualquer operação executada por um agente de produção, pode ser classificada conforme segue:

- a) **Preparação:** refere-se à preparação de agentes e objetos de produção antes e/ou depois da execução da operação principal. São geralmente troca de matrizes, ferramentas e dispositivos e operações de limpeza do equipamento para processamentos subseqüentes.
- b) **Operação Principal:** incorpora as funções essenciais para a consecução da operação. Entende-se como operação principal o processamento em si, a inspeção, o transporte ou a espera.

c) **Folgas:** espaço de tempo em que o operador não executa qualquer operação de preparação ou operação principal. Podem ser desdobradas em folgas não relacionadas ao pessoal e folgas relacionadas ao pessoal;

- Folgas não relacionadas ao pessoal: são folgas existentes como resultado de irregularidades eventuais nas operações, portanto são espaços de tempo onde o operador não executa qualquer atividade, independentemente de sua vontade.
- Folgas relacionadas ao pessoal: são folgas concedidas aos operadores com frequências não regulares e que não têm qualquer relação com a operação propriamente dita. São folgas associadas à fadiga e necessidades fisiológicas.

#### **2.4.3.1 Melhoria na Preparação**

A adoção da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é a maneira mais eficaz de melhorar a preparação (Shingo, 1996a). Uma troca de ferramentas procedida num espaço de tempo inferior a 10 minutos é classificada como SMED (*Single Minute Exchange of Die*), ou seja, apenas um dígito de minuto (*Single Minute*). De forma análoga, a troca em menos de um minuto é classificada como OTED (*One Touch Exchange of Die*), que constitui-se em um avanço em relação à primeira. Em sistemas altamente automatizados torna-se necessário reduções ainda mais extremas dos tempos de preparação. Surge a idéia do NOTED (*Nontouch Exchange of Die and Tools*). Neste caso a troca de matrizes e ferramentas é feita automaticamente em um centro de usinagem via a utilização de sistemas de ferramentas passíveis de serem trocadas de forma automática, ou seja, sem a necessidade de intervenção dos operadores.

Segundo Antunes (1999), a TRF ajuda a eliminar as perdas por movimentação, por espera (ligadas à função-operação), por superprodução qualitativa e quantitativa e as perdas por estoques (ligadas à função-processo).

A TRF, mais que uma técnica, é um conceito que requer alterações nas atitudes de todo o pessoal da fábrica. Monden (1984) afirma que, nas fábricas japonesas, a redução do tempo de troca de ferramentas é alcançada através da ação de pequenos grupos de operários. Segundo Harmon (citando por Taveira, 1997), já na visão dos norte-americanos, a redução dos tempos de *setup* está mais relacionada com esforços feitos por equipes de engenharia e projetos do que com a ação direta dos trabalhadores.

#### **2.4.3.2 Melhoria na Operação Principal**

Como já discutido neste capítulo, a operação principal constitui-se na função essencial diretamente ligada às operações de processamento, inspeção, transporte e estocagem, composta pela operação essencial e pela operação auxiliar. A melhoria da operação essencial é considerada como inovação tecnológica propriamente dita, ou seja, melhoria em máquinas e automação. A melhoria de operação auxiliar consiste na simplificação ou automatização do carregamento e descarregamento de matérias-primas ou produtos nas máquinas (Shingo, 1996a; Müller, 1996).

#### **2.4.3.3 Melhoria nas Folgas**

As folgas relacionadas a uma tarefa ou área de trabalho específica devem ser analisadas detalhadamente na busca de oportunidades para melhoramentos. A automação pode ser aplicada em muitas delas (Shingo, 1996a). Shingo (1996b) cita alguns exemplos de

melhorias nas folgas de operação, tais como: lubrificação automática de máquinas e remoção automática de cavaco de usinagem.

As folgas não relacionadas ao pessoal podem ser melhoradas, por exemplo, com a realização de manutenção preventiva para evitar quebras de máquinas, evitando anormalidades através do monitoramento das suas causas.

Com relação às folgas relacionadas ao pessoal, obtém-se maior produtividade de mão-de-obra com o aperfeiçoamento dos métodos de trabalho e aumentando a motivação e envolvimento do trabalhador. Afinal, como Shingo (1996a) mesmo observa, as pessoas serão sempre uma parte essencial e vital da produção, independente do nível de automação aplicado.

## 2.5 MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR

Para Rother & Shook (1999), uma cadeia de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de produção, quais sejam:

- O **fluxo de produção** desde a matéria-prima até o consumidor;
- O **fluxo de projeto do produto**, da concepção ao lançamento.

A Figura 9 apresenta um exemplo de mapa da cadeia de valor com os fluxos de informação e de material de uma estamperia, na qual é fabricado um suporte de direção de aço temperado.

Womack & Jones (1998) afirmam que o mapa da cadeia de valor é "a mais importante ferramenta para realizar os progressos sustentáveis na guerra contra as perdas".

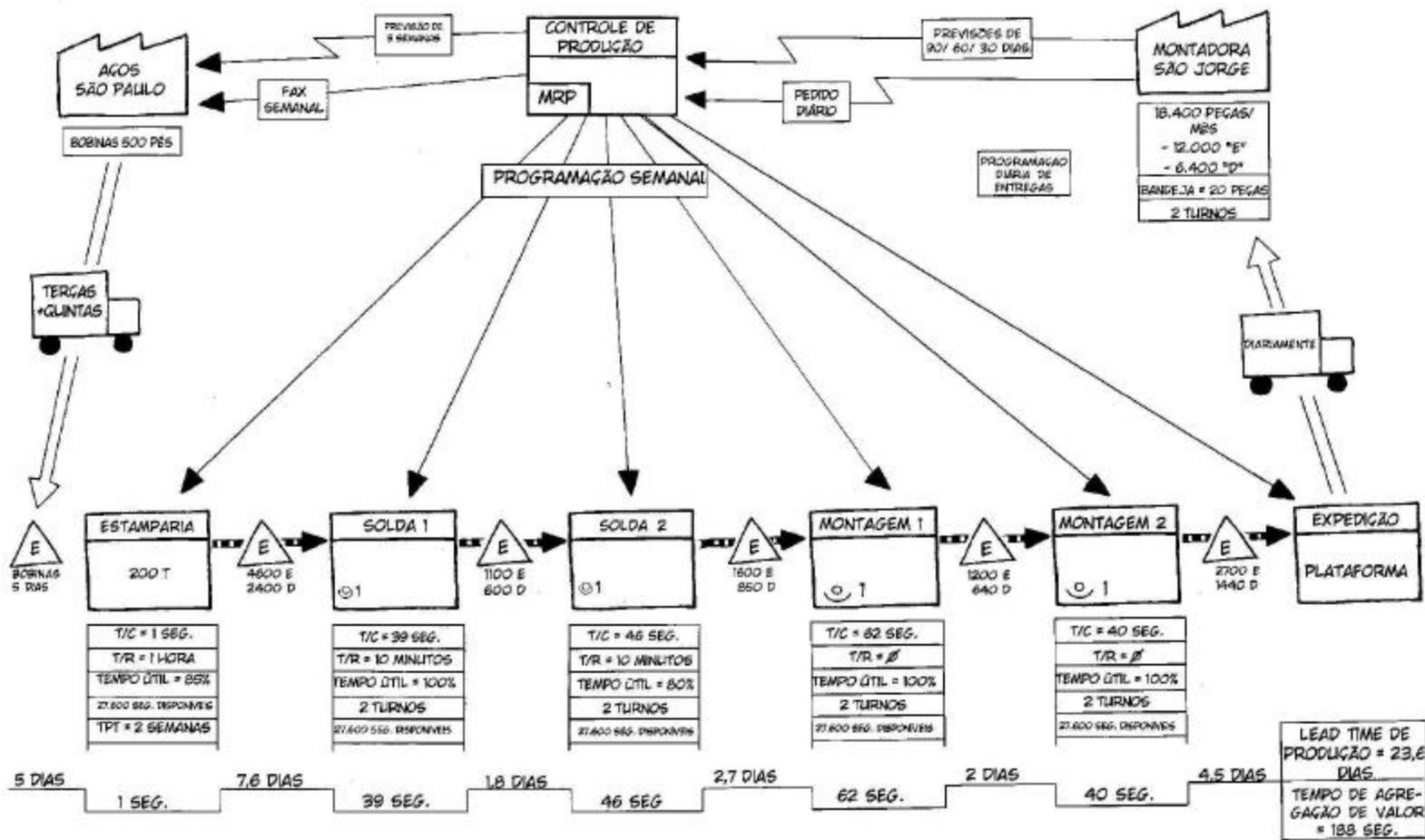


Figura 9 - Exemplo de Mapa da Cadeia de Valor (Rother & Shook, 1999)

Os esforços de *kaizen* ou qualquer técnica de produção enxuta são bem mais efetivos quando aplicados estrategicamente, no contexto da construção de uma cadeia enxuta de valor. O mapa da cadeia de valor permite identificar cada processo ou fluxo, retirando-os dos domínios confusos e esquecidos dos bastidores da organização, e construir uma completa cadeia de valor de acordo com os princípios enxutos. É uma ferramenta que deveria ser usada repetidas vezes para realizar as mudanças em uma cadeia de valor (Womack & Jones, 1998).

### **2.5.1 O Que é o Mapeamento da Cadeia de Valor**

O mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue a cadeia de valor. O que Rother & Shook (1999) querem dizer por mapeamento da cadeia de valor é simples: "siga a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhe uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formule um conjunto de questões chave e desenhe um mapa do "estado futuro" de como o valor deveria fluir".

Considerar a perspectiva da cadeia de valor significa considerar o sistema todo, não só os processos individuais; melhorar o todo, não só otimizar as partes. Segundo Rother & Shook (1999), fazer isto repetidas vezes é o melhor e mais simples caminho para ensinar a enxergar o valor, e especialmente, as fontes de perdas.

Para Rother & Shook (1999) e Ghinato (1999), o mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta essencial pois:

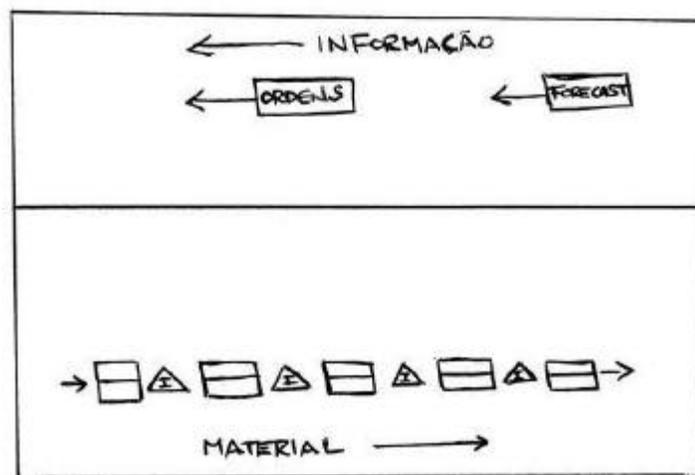
- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Pode-se enxergar o fluxo;
- Ajuda a identificar mais do que as perdas. Mapear ajuda a identificar as fontes de perdas na cadeia de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possam ser discutidas;
- Unifica conceitos e técnicas enxutas, o que ajuda a evitar a implementação isolada de técnicas;
- Forma a base de um plano de implementação. Os mapas da cadeia de valor tornam-se referência para a implementação enxuta;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- O mapa da cadeia de valor é uma ferramenta qualitativa que descreve como a unidade produtiva deveria operar e o que será feito para criar o fluxo.

### **2.5.2 Fluxos de Material e de Informação**

Dentro do fluxo de produção, o movimento do material dentro da fábrica é o fluxo que está mais em evidência. Porém existe outro, o de informação, que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Na produção enxuta, o fluxo de informação deve ser tratado com a mesma importância que é reservada ao fluxo de material. Isto porque, o envio de informações para o chão de fábrica, pode causar todos os tipos de perdas se não for planejado apropriadamente (Womack & Withers, 2000b).

Em todos os mapas da cadeia de valor o padrão básico é um fluxo de produto físico da esquerda para a direita, na parte inferior do mapa e um fluxo de informação deste produto da direita para a esquerda, na parte superior (ver Figura 10). Portanto, o fluxo de informação é desenhado desde o cliente até o departamento de controle de produção e de lá até o fornecedor de matéria-prima, podendo haver linhas separadas para as previsões e para os pedidos, pois são diferentes fluxos de informação.

No mapa da cadeia de valor é mostrado como cada processo é informado sobre o que fazer para o seu processo cliente (o processo seguinte) e quando fazê-lo. No mapeamento das informações pode-se identificar os movimentos de materiais que são empurrados pelo produtor e/ou puxados pelo cliente. Empurrar significa que um processo produz alguma coisa independentemente das necessidades reais do processo cliente e "empurra" para frente.



**Figura 10 - Fluxo de Material e de Informação no Mapa da Cadeia de Valor**  
(Adaptado de Womack & Withers, 2000b)

### 2.5.3 Usando a Ferramenta do Mapeamento

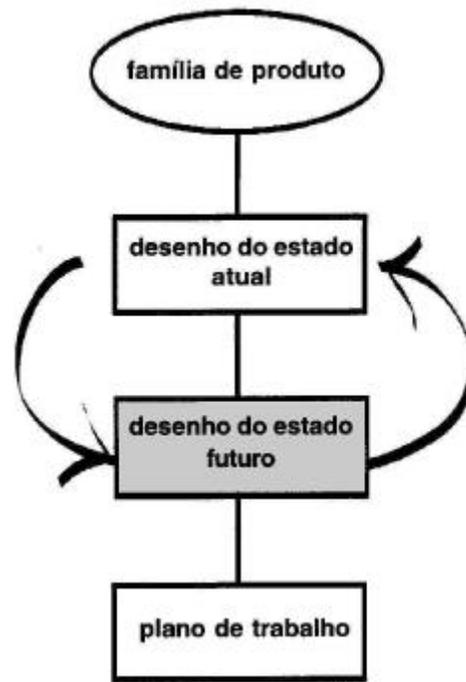
O mapeamento da cadeia de valor pode ser utilizado como uma ferramenta informal de comunicação, como uma ferramenta de planejamento de negócios e como uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança (Rother & Shook, 1999).

O mapeamento da cadeia de valor segue as etapas apresentadas na Figura 11. O desenho do estado futuro está destacado porque a meta é projetar e introduzir uma cadeia enxuta de valor.

A primeira etapa é desenhar o estado atual, o que é feito a partir da coleta de informações no chão de fábrica. As setas entre o estado atual e o futuro na Figura 11 vão em ambos os sentidos, indicando que o desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços superpostos. As idéias sobre o estado futuro virão naturalmente enquanto se estiver mapeando o estado atual. Do mesmo modo, desenhar o estado futuro mostrará freqüentemente importantes informações sobre o estado atual que não foram percebidas anteriormente.

A última etapa é preparar e começar ativamente usando um plano de implementação que descreva, em uma página, como se planeja a transição do estado atual para o estado futuro. Assim que o estado futuro tornar-se realidade, o processo de mapeamento deve ser repetido para que haja melhoria contínua no nível da cadeia de valor.

Segundo Rother & Shook (1999), a beleza desse método sem burocracia e sem o PowerPoint é que a equipe de mapeamento e implementação precisa apenas de umas poucas folhas de papel (atual, futuro e como) que podem transformar o negócio.



**Figura 11 - Etapas do Mapeamento da Cadeia de Valor (Rother & Shook, 1999)**

### 2.5.4 Selecionando uma Família de Produtos

Identifica-se a família de produtos a partir do lado do consumidor na cadeia de valor, baseando-se em produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam recursos comuns ao longo do processo de agregação de valor. Para Womack (2000), isto serve para simplificar a realidade pelo agrupamento de diversos produtos em poucas famílias de produtos, pois em muitas empresas tem-se milhares de produtos e é muito trabalhoso e complicado desenhar o mapa da cadeia de valor para cada produto. Segundo Antunes (1994) e Silveira (1998), os métodos de formação de famílias são: análise visual, classificação e codificação (Optiz, KK-3), análise do fluxo de produção (PFA - *Production Flow Analysis*), coeficiente de similaridade, arranjo de matrizes (ROC - *Ranker Order Clustering*, ROCII - *Ranker Order Clustering II*, CNA - *Close Neighbour Algorithm*), programação matemática e

outros (grafos, redes neurais, heurísticas). Para Bicheno (2000), existem métodos sofisticados para identificar famílias de produtos, mas a análise visual é frequentemente a mais adequada. Womack (2000) recomenda usar a ferramenta Matriz de Família por Produto, que também é um método visual.

### **2.5.5 Desenhando o Mapa do Estado Atual**

As fronteiras do primeiro mapa são o fluxo de porta a porta, desde o fornecimento de matéria-prima até a entrega no cliente. Usa-se um conjunto de símbolos ou ícones, apresentado no Anexo, para representar os processos e os fluxos. Para completar o mapa se adiciona uma linha de tempo na parte inferior, registrando o *lead time* de produção (o tempo que leva uma peça para percorrer todo o caminho no chão de fábrica, começando com a sua chegada como matéria-prima até a liberação para o cliente) e o tempo com adição de valor.

Rother & Shook (1999) e Ghinato (1999) recomendam alguns cuidados no mapeamento:

- Sempre coletar as informações do estado atual enquanto pessoalmente se caminha ao longo dos fluxos reais de material e informação;
- Começar com uma rápida caminhada por todo o fluxo de valor. Depois voltar e reunir as informações de cada processo;
- Começar pela expedição;
- Trazer seu próprio cronômetro e não se basear em tempos padrão;

- Mapear pessoalmente a cadeia completa de valor. Entender o fluxo por inteiro é o objetivo do mapeamento;
- Sempre desenhar a mão e a lápis.

Segundo Rother & Shook (1999), os motivos para que o desenho sempre seja feito a mão e a lápis são:

- "Desenhar a mão pode ser feito sem demora, enquanto se está no chão de fábrica. Conforme se desenha, surgirá a necessidade de informações adicionais;
- Desenhar a mão significa que a própria pessoa irá fazê-lo, o que é fundamental para entender os fluxos de material e informação;
- Desenhar a mão significa que a pessoa se concentrará no entendimento do fluxo, ao invés de se preocupar em como utilizar o computador. O objetivo de mapear o fluxo de valor não é o mapa em si, mas entender o fluxo de informação e de material;
- A necessidade de consertar manualmente os erros no desenho refinará as habilidades de mapeamento."

Hines & Taylor (2000) não são tão radicais, comentam que após o desenho feito à mão, caso seja necessário, pode-se colocar em formato de PowerPoint. Para Esteves (1999), na apresentação de um projeto, "a primeira impressão é a que fica". Uma expressão antiga, que atualmente pode ser o ponto decisivo para a aprovação de um projeto. Além da necessidade de qualidade técnica, exige-se também uma excelente qualidade de apresentação.

Withers (1999), diretor do Lean Enterprise Institute (LEI), afirma que o LEI não defende o uso de algum software para o mapeamento do fluxo de valor. Para ele, o melhor e o mais efetivo mapa é quando construído usando lápis e folha de papel. Se uma apresentação é necessária tira-se fotocópias. Withers (1999) comenta que o pior e mais ineficaz mapa que ele já viu foi feito em *software*, onde o foco era a perfeição do mapa ao invés da implantação de um estado futuro enxuto.

### 2.5.6 Desenhando o Mapa do Estado Futuro

Para Rother & Shook (1999), o objetivo de mapear a cadeia de valor é destacar as fontes de perdas e eliminá-las através da implementação de uma cadeia de valor em um "estado futuro" que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo. A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais sejam articulados aos clientes por meio de fluxo contínuo ou puxada, e cada processo se aproxime o máximo possível de produzir apenas o que e quando os clientes precisam.

Rother & Shook (1999) e Womack & Withers (2000a) propõem uma lista de oito questões para facilitar a construção do mapa do estado futuro:

1. **Qual é o *takt time*<sup>11</sup>?** *Takt time* é o tempo necessário para a produção de uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas. Este tempo é equivalente ao tempo total disponível dividido pela demanda no período.
2. **Se produzirá para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?** Esta resposta depende de diversos fatores, tais como os

---

<sup>11</sup> Também conhecido como tempo de fabricação unitário. A palavra *takt* vem do alemão e significa a batuta usada por um regente de orquestra.

padrões de compra dos clientes, a confiabilidade dos processos e as características do produto. Produzir diretamente para a expedição exigirá um fluxo do pedido à entrega confiável e com *lead time* curto ou então um estoque de segurança.

3. **Onde se pode implementar o fluxo contínuo?** O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem qualquer parada entre eles.
4. **Onde será necessário introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos anteriores?** Frequentemente há pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo não é possível e fabricar em lotes é necessário.
5. **Em que ponto único da cadeia de produção se programará a produção?** Através do uso do sistema puxado com supermercado, normalmente programa-se somente um ponto no fluxo de valor. Este ponto é chamado de processo puxador porque a maneira como se controla a produção neste processo define o ritmo para todos os processos anteriores. A seleção deste ponto também determina quais elementos da cadeia de valor tornam-se parte do *lead time* de atendimento ao pedido, que compreende o tempo decorrido desde a entrada do pedido do cliente até a entrega do produto acabado.
6. **Como se nivelará o mix de produção no processo puxador?** Nivelar o mix de produto significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo.

- 7. Quais os incrementos de trabalho se libera e retira uniformemente do processo puxador?** Estabelecer um ritmo de produção consistente e nivelado cria um fluxo de produção previsível que alerta para os problemas de tal modo que se pode tomar rápidas ações corretivas. Uma boa maneira de começar é liberando regularmente apenas uma pequena e consistente quantidade de trabalho (de 5 a 60 min.) no processo puxador e regularmente retirando a mesma quantidade de produtos acabados. Esta prática chama-se "retirada compassada".
- 8. Quais as melhorias de processo serão necessárias para manter o fluxo de valor conforme as especificações do projeto do estado futuro?** Esta questão final é sobre atividades de *kaizen* necessárias para criar o estado futuro.

De acordo com Rother & Shook (1999), na medida em que se desenvolve os conceitos do estado futuro respondendo às oito questões, marca-se as idéias geradas diretamente no mapa do estado atual. Com isso, consegue-se desenhar o mapa do estado futuro.

Rother & Shook (1999) lembram que o que é "certo" em termos do mapa da cadeia de valor é aquilo que permite remover rapidamente as causas básicas da perda.

### **2.5.7 Plano de Trabalho**

Rother & Shook (1999) afirmam que o mapeamento da cadeia de valor é somente uma ferramenta. Os mapas da cadeia de valor serão praticamente inúteis, caso a situação futura que foi desenhada não seja atingida e que partes desta não sejam implementadas em um curto período de tempo.

Portanto, Rother & Shook (1999) recomendam preparar um plano de implementação, também chamado de plano do fluxo de valor, que descreva como se planeja a transição do estado atual para o estado futuro.

## **3 ESTUDO DE CASO**

Neste capítulo, propõe-se a aplicação conjugada do mapeamento da cadeia de valor e análise da função processo como ferramenta de análise de sistemas de produção, na tentativa de identificar oportunidades de melhoria. O método foi aplicado em dois sistemas de produção de cores para pintura de carrocerias em uma montadora de ônibus do estado do Rio Grande do Sul.

### **3.1 A EMPRESA**

A organização selecionada para este estudo é a empresa Marcopolo que atua no setor metal-mecânico, encarroçando ônibus, estando sediada no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.

A Marcopolo reúne 11 empresas com unidades no Brasil, Argentina, Portugal e México (MARCOPOLO, 1999b) e um total de 5.500 empregados (Secco, 2000), tendo registrado um faturamento de R\$ 464,4 milhões em 1999 (Marcopolo, 2000).

A Marcopolo é o maior fabricante de carrocerias para ônibus urbanos, rodoviários e microônibus da América Latina e um dos principais do mundo. Está entre as 100 melhores empresas para se trabalhar, segundo o guia Exame 2000, da revista Exame (Secco, 2000).

Tendo o seu Sistema de Garantia da Qualidade certificado com base nas normas ISO 9001 e 9002, a empresa responde por mais de 49% de participação no mercado nacional e exporta para 54 países dos cinco continentes (Marcopolo, 2000).

### **3.1.1 Histórico Organizacional-Industrial**

A Marcopolo foi fundada em 1949 com o nome de Nicola & Cia Ltda. Naquela época os primeiros veículos levavam 90 dias para ser fabricados e o material utilizado para as carrocerias era a madeira. Na sua fundação, a Marcopolo definiu sua própria filosofia de trabalho fundamentada em valores, tais como: a busca da qualidade para seus produtos, a humanização das relações entre seus colaboradores, a utilização da melhor tecnologia disponível e a prática do trabalho conjunto. Esses valores norteiam sua trajetória até os dias de hoje (Documento Autodata, 1999).

Quando da constituição da empresa, a estrutura administrativa foi definida em função da profissão e das habilidades técnicas de seus sócios, cada um assumindo responsabilidades de um setor: solda, pintura, chapeação e fabricação, acabamento interno, serviços burocráticos e assim por diante.

Devido à crescente conquista e consolidação dos mercados interno e externo e ao seu veloz desenvolvimento, originaram-se várias reestruturações administrativas as quais foram, cada uma a seu tempo, capazes de conferir maior agilidade às atividades técnicas, operacionais e até mesmo de gerenciamento.

Assim, na década de 80, a Marcopolo decidiu dar mais um passo na busca da qualidade, através da implantação de uma nova filosofia de administração e de produção inspirada nos moldes japoneses.

O processo teve início em 1986, após uma visita realizada pelo Presidente e pelo Diretor Industrial da Marcopolo ao Japão, onde conheceram as políticas japonesas de administração e produção e seus diversos programas nas áreas de segurança, organização, treinamento, qualidade, etc. Essa missão técnica foi organizada pelo Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais (IMAM), através de José Maurício Banzato e Reinaldo A. Moura (Moura, 1989).

Após essa missão, o professor Banzato, integrante do IMAM, realizou diversos cursos e assessorias sobre *just-in-time/kanban* na empresa, no período de novembro a dezembro de 1986 e março de 1987, envolvendo colaboradores de diversas áreas.

Logo a seguir, várias outras visitas ao Japão foram realizadas pela equipe da Marcopolo, a fim de aprofundar conhecimentos e buscar subsídios para a implantação daquela filosofia.

Todas essas incursões pela cultura empresarial japonesa foram fundamentais para a implementação do novo sistema de administração e produção na Marcopolo, porque, através delas, foram criadas estratégias para que os planos encontrassem terreno fértil e assim garantissem seu sucesso.

Todo esse processo deu origem ao Sistema Marcopolo, um conjunto de técnicas que objetiva a produção com qualidade, num bom ambiente de trabalho, por pessoas satisfeitas.

O Sistema Integrado Marcopolo de Produção Solidária (SIMPS) visa motivar o trabalho, otimizar o fluxo de materiais, evitar desperdícios e diminuir os tempos dos processos produtivos. Esse sistema envolve confiabilidade e boas relações entre fornecedores e clientes internos e externos.

A empresa, por sua vez, investiu muito na implementação dessa nova filosofia, oferecendo as condições necessárias para que todos os setores se engajassem nela. Mas o processo não parou aí. Em 1989, um novo desafio foi lançado aos colaboradores da Marcopolo: toda a energia deveria ser canalizada, agora, para a qualidade do produto. Começou, então, um esforço para a estruturação da qualidade assegurada, mais um passo que resultou em sucesso dentro e fora da empresa, projetando a marca e os produtos Marcopolo no mercado.

Todas as realizações da empresa, desde 1949, quer em termos de produção, expansão física e tecnológica, quer em nível de administração, sempre tiveram como princípio a busca de uma melhor qualidade para os produtos e serviços, visando à satisfação plena do cliente. E foi esse princípio que norteou o desenvolvimento da Marcopolo e, ao mesmo tempo, a fez uma das responsáveis por tornar a cidade de Caxias do Sul um destacado pólo metal-mecânico do Rio Grande do Sul e do Brasil.

Para Hairton Romani, diretor da Sulbrave - representante Marcopolo no Paraná, "a Marcopolo tem uma linha de produtos tecnicamente definida, mas nem por isso ela deixa de fazer um ônibus sob medida. Ela vai fazer sempre um ônibus sob medida, sempre foi assim. A Marcopolo sempre se adaptou com muita facilidade e agilidade às necessidades dos clientes" (Marcopolo, 1999a).

A imagem da Marcopolo foi destaque na edição de 7 de novembro de 1994, da revista americana Forbes. Com o título da matéria "Evoluindo para a Perfeição", esse periódico incluiu a Marcopolo no *ranking* das 100 melhores pequenas empresas do mundo. O cuidado com a limpeza e a conservação, características de comportamento no ambiente da empresa, foi um dos pontos de destaque da matéria.

### 3.1.2 Parceria

Nos primeiros anos da década de 1950, quando a população do Brasil somava 51,9 milhões e era basicamente rural, a Marcopolo se chamava Nicola, fazia carrocerias com estrutura de madeira e, naturalmente, as serrarias eram suas principais fornecedoras.

No início, a Nicola apenas encarroçava os veículos da incipiente indústria automobilística e transformava-os em ônibus urbanos, intermunicipais ou interestaduais. "A pintura era feita no pincel mesmo. E, mesmo com todo capricho, dificilmente se alcançava uma grande qualidade, pois chão de terra, poeira, pó de serragem e tudo o mais misturavam-se à tinta" (Documento Autodata, 1999).

Mas tudo mudou no final dos anos 60, quando a Marcopolo, então Nicola, resolveu construir o seu primeiro ônibus, comprando os chassis diretamente das montadoras. Iniciava-se aí a fase de ampliação e desenvolvimento da cadeia de fornecedores.

A Renner DuPont, empresa que fabrica tintas para pintura e repintura automotiva e indústria geral, é parceira da Marcopolo de longa data. Criada em 01 de Janeiro de 1996, a Renner DuPont Tintas Automotivas e Industriais S/A (RDJV) é uma *joint-venture* cuja composição acionária é Renner Hermann, 51% e DuPont, 49%. Possui fábricas em Guarulhos - SP, Gravataí - RS, Valência - Venezuela e Buenos Aires - Argentina, e está voltada para o mercado brasileiro e de outros países da América do Sul (Renner Hermann, 1997).

A Renner DuPont é uma empresa com soluções em produtos e serviços na área de revestimentos que viabilizam o sucesso de seus clientes (Renner DuPont, 1996).

Alguns valores de RDJV:

***Voltada ao mercado:*** Dedicção ao cliente é seu enfoque. O esforço principal é produzir satisfação das necessidades do cliente alvo e estabelecer com ele uma relação de parceria.

***Agilidade:*** produz soluções adequadas às expectativas dos clientes externos, internos e fornecedores com presteza e rapidez.

***Tecnologia:*** Busca, permanentemente, a atualização tecnológica no ramo. Assimila e desenvolve a tecnologia necessária para manter a empresa em condições de oferecer produtos e serviços que satisfaçam clientes externos e internos.

***Competência:*** Persegue a competência. O melhor de cada um dos colaboradores deverá ser convertido em realizações que a posicione como a melhor empresa de tintas do mercado.

***Simplicidade:*** Quer a simplicidade, tanto na forma de pensar quanto na forma de trabalhar, sem ser superficial. A opção é tornar as coisas mais simples, fáceis, ainda que os seus conteúdos sejam complexos e sofisticados.

Para atender ao segmento automotivo e industrial e continuar inovando sempre, a Renner DuPont atua de forma a estabelecer uma verdadeira parceria com seus clientes. Trata-se de uma visão estratégica do negócio. Hoje a companhia vende mais do que o produto, atua no processo de aplicação do cliente (Renner Hermann, 1997). A parceria de Renner DuPont e Marcopolo é um exemplo desta visão.

A Renner DuPont está presente no Departamento de Pintura da Marcopolo, prestando suporte técnico e oferecendo com o produto vendido um serviço de assistência técnica. Neste departamento ocorre a pintura dos ônibus encarroçados, possuindo uma área de apoio chamada de Colorimetria, onde se desenvolvem e produzem tintas de diversas cores para a

pintura. A Renner DuPont fornece as Bases<sup>12</sup> e os Concentrados<sup>13</sup> e a Marcopolo produz as tintas nas cores escolhidas pelos seus clientes, abastecendo a sua linha de pintura. Portanto, a Marcopolo possui toda uma estrutura interna para produção de tintas, sendo considerada uma área crítica, pois, no caso de alguma falta de tinta, o ônibus a ser pintado fica parado na linha de pintura.

### 3.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO - FOCO DO MAPEAMENTO

Nesta seção serão apresentados os elementos para a compreensão básica do processo de produção de tintas, com destaque para os seguintes pontos:

- Definição e composição básica de uma tinta;
- Linha Renodur Acrílico e produção de tintas.

#### 3.2.1 Definição e Composição Básica de uma Tinta

Segundo Fazano (1995), tinta é a dispersão de um ou vários pigmentos em um meio aglomerante que, ao ser aplicada sobre uma superfície ou substrato, seca-se, formando um filme opaco e aderente. Conforme Kairalla et al (1993), a tinta é aplicada visando duas finalidades primordiais: proteger e embelezar as superfícies.

Para Fazano (1995), uma tinta é constituída dos seguintes componentes:

- **Resina:** denomina-se como veículo aglutinante que, ao secar, forma uma película resistente, responsável pela aderência, dureza e flexibilidade. As tintas podem ser

---

<sup>12</sup> Base é uma espécie de tinta composta pela resina, aditivos e solventes da linha básica.

<sup>13</sup> Concentrado é uma dispersão de somente um tipo de pigmento, em quantidade máxima possível.

classificadas segundo o veículo que as compõem. Temos assim, principalmente, tintas poliuretano, tintas epóxi e tintas alquídicas;

- **Pigmento:** um material corante constituído de pós, que praticamente não sejam solúveis no solvente ou no veículo em que se encontram. Os pigmentos conferem a cor e o poder de cobertura (capacidade de "esconder" o substrato). Podem conferir também algumas propriedades especiais como poder anti-corrosivo e poder anti-incrustante;
- **Cargas:** são também partículas sólidas insolúveis no solvente ou no veículo em que se encontram. As cargas servem principalmente para baratear e ajustar o brilho da tinta;
- **Solventes:** são líquidos voláteis que solubilizam a resina, diminuindo a viscosidade da tinta;
- **Aditivos:** são produtos adicionados em pequenas quantidades e que dão ao produto propriedades especiais. Os principais aditivos são: secantes, dispersantes, anti-sedimentantes.

### 3.2.2 Linha Renodur Acrílico Acabamento e Produção de Tintas

A linha Renodur Acrílico foi desenvolvida pela Renner DuPont como acabamento para fins de decoração e proteção, sendo especialmente indicada para pintura de frotas, onde são exigidas qualidade, beleza e economia. Esta linha pertence à classe de tintas à base de poliuretano, que é um polímero resultante da reação de adição de poliisocianatos e polihidroxilados, proporcionando excelentes qualidades físico-químicas, principalmente com

relação às intempéries e aos detergentes neutros utilizados nas lavagens periódicas dos veículos.

As cores e o brilho permanecem inalterados, demonstrando a superioridade sobre as tintas convencionais à base de resinas sintéticas, nitrocelulose ou acrílicas. Uma das grandes vantagens da linha Renodur Acrílico é a rapidez da secagem, podendo ser feita em estufa a baixa temperatura (60 °C) ou ao ar. O acabamento da linha Renodur Acrílico é fornecido em bases e concentrados lisos e de efeitos (Renner DuPont, 1999).

A produção das tintas é realizada através da mistura de bases e concentrados, com a possibilidade de se obter diversas cores.

Segundo Martins (1993), as possibilidades de produção de tintas são:

- No laboratório;
- Na fábrica;
- No distribuidor;
- No cliente.

O uso de bases e concentrados na produção de tintas (sistema *mixing*) apresenta grande vantagem em relação ao processo máquina<sup>14</sup>. Estas bases e concentrados possibilitam uma maior versatilidade de formulação de cores dentro das especificações dos clientes. Martins (1993) descreve as vantagens e desvantagens do uso de bases e concentrados para

---

<sup>14</sup> Processo máquina de produção de tintas: a tinta é produzida através da dispersão conjunta de todos os pigmentos e cargas, em forma de pó, para obtenção de uma tinta de uma cor.

confecção de cores. Na Tabela 2 tem-se as vantagens e desvantagens de se usar um sistema *mixing*.

**Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do Sistema Mixing (Adaptado de Martins, 1993)**

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior facilidade na produção de tintas no laboratório, distribuidores e clientes;</li> <li>• Desmistificação do desenvolvimento de cores;</li> <li>• Redução:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- no <i>lead-time</i> de produção;</li> <li>- no estoque de intermediários e produtos acabados;</li> <li>- no número de dispersões de pigmentos;</li> <li>- no número de controles;</li> </ul> </li> <li>• Maior flexibilidade na produção de pequenos e grandes volumes;</li> <li>• Maior agilidade na programação;</li> <li>• Fornecimento de concentrados para outras unidades;</li> <li>• Possibilidade de automação da planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo de matérias-primas mais alto;</li> <li>• Maior dificuldade na alteração de produtos (ex.: bases, pigmentos, solventes);</li> <li>• Disseminação de efeitos negativos de uma matéria-prima em diversos produtos (efeito em cadeia).</li> </ul>

### 3.3 CONSTRUÇÃO DO MAPA DA CADEIA DE VALOR DO ESTADO ATUAL

Para a descrição do sistema atual de produção de cores utilizou-se a ferramenta do mapeamento da cadeia de valor e o seu detalhamento através do uso do *layout* e do mapa de processo.

A primeira etapa do mapeamento da cadeia de valor é a identificação da família de produtos. Os produtos fabricados no sistema produtivo atual, a partir do lado do consumidor, são tintas, podendo ser divididas em duas categorias: tintas lisas e metálicas. A tipologia de produção se assemelha à de um funil invertido, isto é, a partir de poucos itens de matérias-primas (50 itens de Bases e Concentrados), é possível a produção de diversas cores (aproximadamente 2.000) de tintas lisas ou metálicas. Tanto as tintas lisas como as metálicas, independentemente de sua cor, passam por etapas semelhantes de processamento (para passar da matéria-prima à produto acabado) e utilizam equipamentos comuns nos seus processos. Portanto, as tintas lisas e metálicas foram agrupadas em uma única família de produtos denominada de tintas, não necessitando o uso de métodos sofisticados para sua identificação.

As instruções de mapeamento foram seguidas conforme o capítulo 2.5 e usando os símbolos do Anexo para a representação dos processos e dos fluxos. A Figura 12 mostra o mapa da cadeia de valor do estado atual (doravante denominado Mapa do Estado Atual) obtido.

O Mapa do Estado Atual foi dividido em três grandes *loops* (Fornecedor, Colorimetria e Cliente), conforme apresentado na Figura 13. Um *loop* é um segmento do mapa do fluxo de valor utilizado com o intuito de facilitar a visualização e o detalhamento dos fluxos, além de constituir-se em uma excelente maneira de dividir os esforços de implementação do futuro estado em partes administráveis. O critério para a segmentação do mapa foi baseado na existência de dois tipos de *loops*: *loop* puxador e *loops* adicionais.

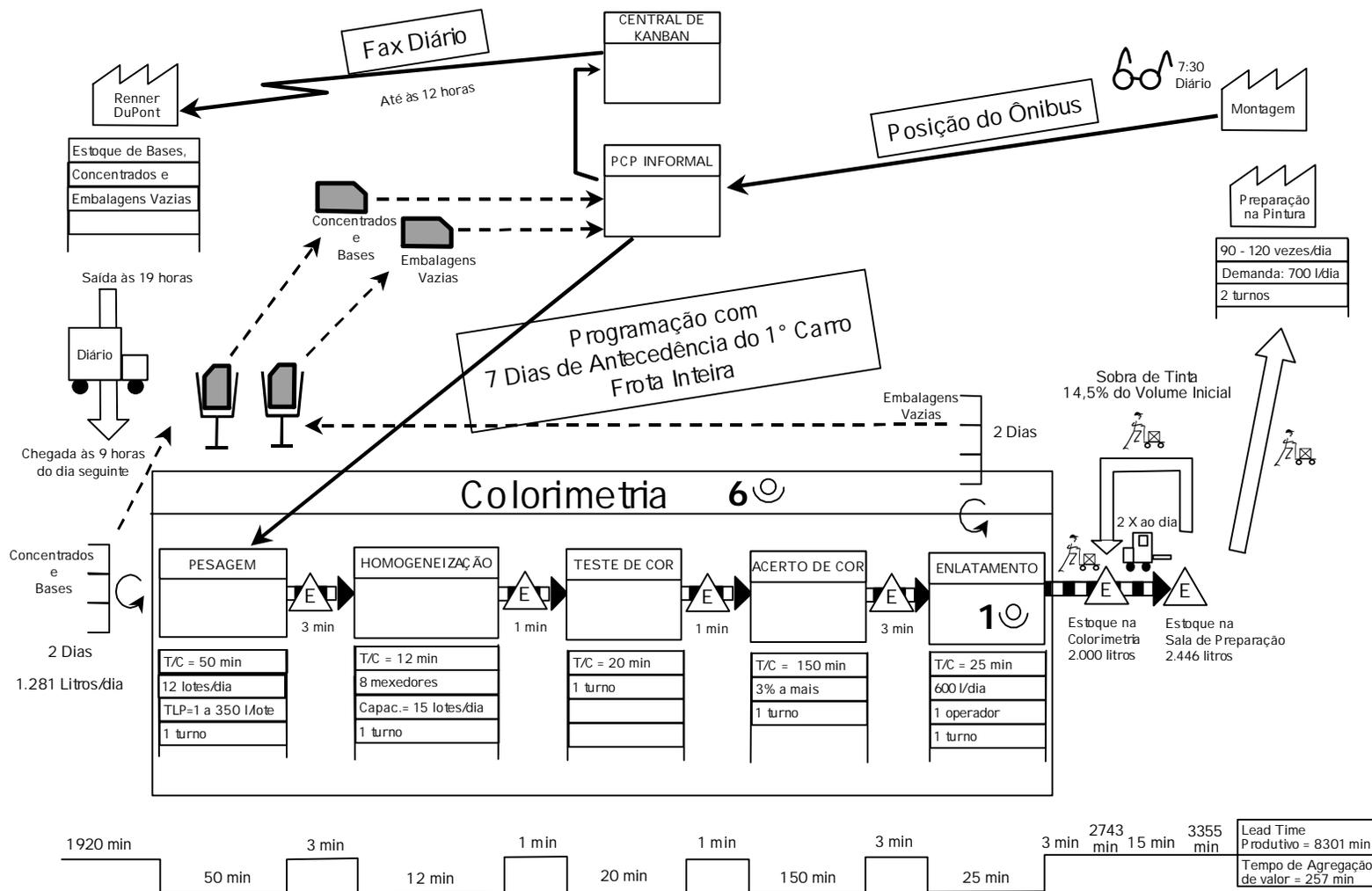


Figura 12 - Mapa do Estado Atual

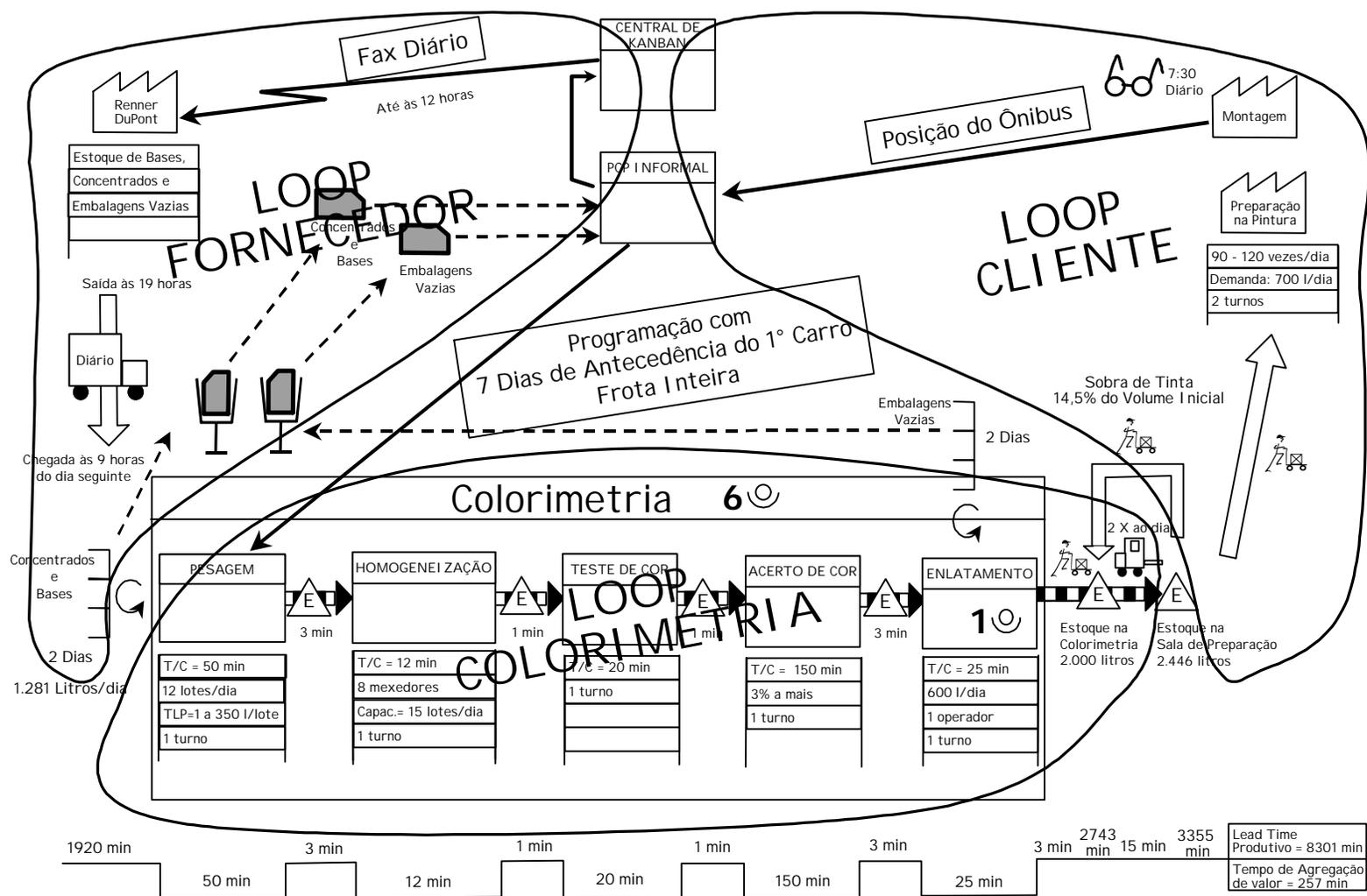


Figura 13 - Loops do Mapa do Estado Atual

O *loop* puxador inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador. Este é o *loop* mais próximo do final. Os *loops* adicionais incluem o fluxo de material e de informação entre as puxadas, antes do *loop* puxador, isto é, cada supermercado normalmente corresponde ao final de outro *loop*.

Nesta seção, o detalhamento de cada um dos *loops* será apresentado partindo do *loop* cliente. Após concluídos os levantamentos preliminares, identificou-se que os dados que caracterizavam cada processo apresentavam alta variabilidade, o que impedia a aplicação estrita da recomendação de Rother & Shook (1999) quanto a utilizar os dados verificados “in loco” na ocasião do mapeamento do estado atual. Foi necessário realizar uma coleta de dados mais ampla e o tratamento estatístico destes dados, com o objetivo de promover uma acuracidade maior na construção do mapa.

### **3.3.1 Descrição do Loop Cliente**

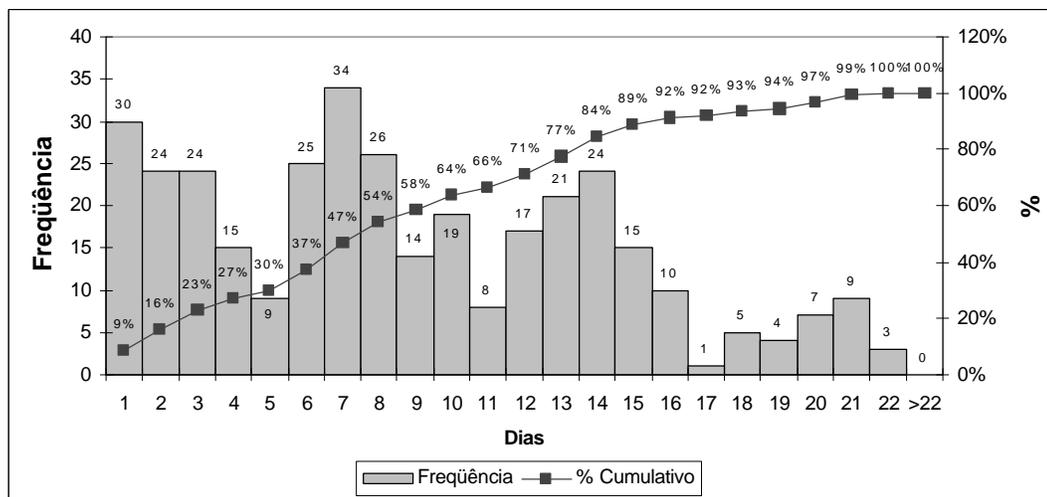
O *loop* cliente, representado na Figura 13, inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o estoque na sala de preparação, conforme descrito a seguir.

A tinta é estocada na sala de preparação. A tinta é transportada até o local de preparação, onde é catalisada e diluída na quantidade suficiente para a pintura de um ônibus. Em média esta atividade é realizada de 90 a 120 vezes ao dia pelos operadores, variando em função do número de cores necessárias na pintura do ônibus.

O nível de estoque de tinta diário na sala de preparação é de 2.446 litros, sendo este dado obtido através de contagem.

A demanda diária do cliente para a pintura dos carros é de 700 litros de tinta/dia, sendo este dado obtido através dos relatórios de consumo diário de tinta da pintura dos ônibus.

Mediu-se o intervalo de tempo de antecipação da produção da tinta até o seu consumo de 344 lotes, o qual está representado na Figura 14. Observa-se que 70% dos lotes produzidos permanecem em estoque por mais de 5 dias, evidenciando uma perda por superprodução antecipada, pois produz-se a tinta para a pintura de uma frota inteira. Isto ocorre devido a falta de flexibilidade de volume do sistema produtivo atual, no qual não se justifica economicamente a produção de pequenas quantidades. Portanto, opta-se por produzir a tinta em um lote grande que serve para pintar vários ônibus da mesma frota, gastando-se praticamente o mesmo tempo de produção.



**Figura 14 - Histograma Dias de Antecipação de Produção de Tinta x Consumo**

Exemplificando: uma tinta branca, cujo volume fabricado em um único lote foi de 400 litros, teve um consumo de 18 litros no primeiro dia, restando no estoque 382 litros. No segundo dia, consumiu-se 54 litros, e assim por diante, conforme representado na Tabela 3. A

tinta foi consumida após 10 dias, sobrando um volume de 58 litros, o que representa 14,5% do volume inicial, retornando esta sobra para o estoque na colorimetria.

**Tabela 3 - Exemplo de Perda por Superprodução por Antecipação**

	Produção da Tinta	Pintura										
Dia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nº de Carros Pintados		1	3	2	4	0	0	2	4	0	3	
Volume Consumido/dia		18	54	36	72	0	0	36	72	0	54	
Volume em Estoque no Final do Dia	400	382	328	292	220	220	220	184	112	112	58	Sobra

No *loop* do cliente está representada a primeira porção do fluxo de informação, que inicia-se com a programação da produção da tinta na colorimetria. A programação se faz com sete dias de antecedência do primeiro ônibus, quando a colorimetria recebe o projeto de pintura da frota, que contém todos os ônibus a serem pintados. Verifica-se que é produzida toda a tinta necessária em grandes lotes para a pintura de todos os ônibus desta frota. Neste *loop* é obtida a informação da priorização das tintas a serem produzidas na colorimetria. Um operador da colorimetria diariamente verifica a posição dos ônibus na linha de montagem. Com esta informação, então, ele prioriza o processo de pesagem de tinta.

### 3.3.2 Descrição do *Loop* Colorimetria

Neste *loop* acontece a produção da tinta. Este é considerado um *loop* adicional antes do *loop* puxador. Sendo assim, as fronteiras deste *loop* são o supermercado de matéria-prima

até o estoque de produto acabado. A seguir são descritos os processos integrantes do *loop* colorimetria do sistema atual:

- Pesagem: é a medição das bases e concentrados usando uma balança;
- Homogeneização (mistura): uma operação semelhante ao que se faz com uma batedeira. Esta operação é realizada em uma panela com um misturador, que provoca uma agitação fazendo com que as bases e concentrados fiquem perfeitamente misturados.
- Teste de Cor: consiste em retirar uma amostra da tinta e aplicá-la por *spray* em uma chapa de flandres. Após, esta chapa é comparada visualmente com o padrão de cor.
- Acerto de Cor: é a operação de acerto da cor conforme o padrão. É realizada através da adição de concentrados na tinta. A correção necessária para acertar a cor da tinta é feita pelo método tentativa e erro.
- Enlatamento: consiste em adicionar o produto na embalagem vazia. As embalagens podem ser baldes de 18 litros ou galões de 3,6 litros. Nesta operação o operador enche, fecha e etiqueta manualmente as embalagens.

Estas operações de produção de tinta acontecem no setor denominado de Colorimetria.

### **3.3.2.1 Características do Sistema Produtivo Atual**

O sistema produtivo atual é classificado como *Make to Order*. A produção é realizada por batelada. O volume das bateladas varia de 1 a 350 litros. As tintas produzidas são

Poliuretano para pintura de ônibus, cujas 2.000 cores são passíveis de produção nas seguintes embalagens: balde (18 litros) ou galão (3,6 litros).

**a) Capacidade Produtiva**

Determinou-se a restrição do sistema produtivo, através do cálculo da capacidade produtiva de cada recurso, considerando trabalho em um turno. Em função da característica do processo de batelada, utilizando-se a panela e o misturador do início até o final da fabricação da tinta (envolvendo as operações de pesagem, mistura, teste de cor, acerto de cor e enlatamento), em posição fixa, evidencia-se que o misturador é a restrição do sistema produtivo. O sistema conta com oito misturadores. Os tempos de cada operação são:

Pesagem	50 min
Mistura	12 min
Teste de Cor	20 min
Acerto de Cor	150 min
Enlatamento	25 min
Totalizando	<u>257 min</u>

Para um turno de trabalho de 8 horas (480 min) e de um operador tem-se:

$$\text{Capacidade Produtiva} = 480\text{min}/257\text{min} = 1,87 \text{ lotes/misturador/operador}$$

Como o sistema conta com oito misturadores, multiplica-se este valor por oito.

$$\text{Capacidade Produtiva do Sistema} = 14,9 \text{ lotes/dia}$$

Outra característica do sistema produtivo atual é a presença do operador no acompanhamento de todas as etapas de fabricação.

### b) Layout e Representação do Fluxo de Material

A Figura 15 apresenta o *layout* do sistema atual de produção de cores, onde está representado, também, o fluxo de material. O objetivo desta representação é identificar e mensurar as atividades que agregam e que não agregam valor ao produto.

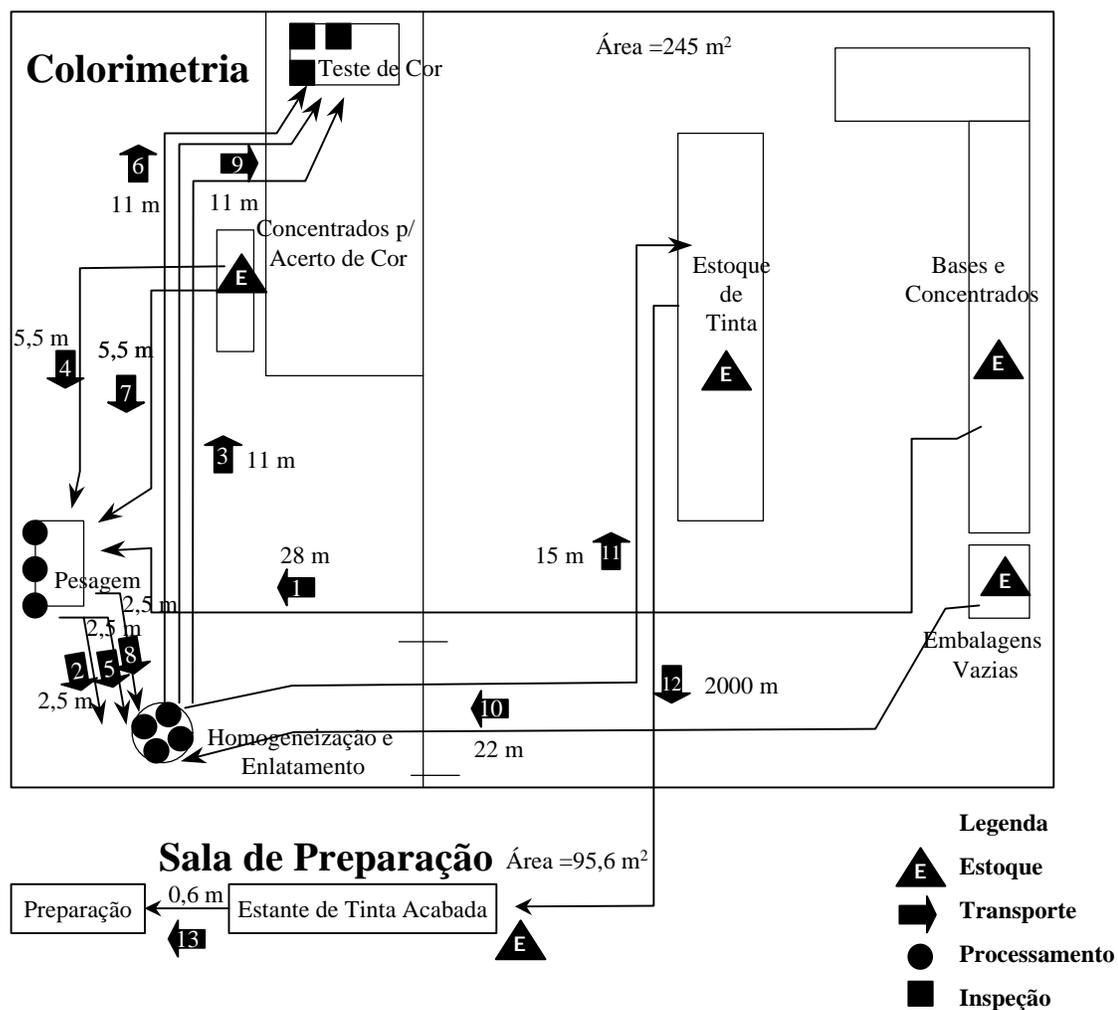


Figura 15 - Layout da Situação Atual do Setor de Colorimetria

As características que esse tipo de *layout* apresenta no sistema produtivo atual são as seguintes:

- Como no *layout* funcional a configuração é tipo "departamentalizada", pode-se observar equipamentos agrupados por tipo de processo e não por produto ou seqüência de operações;
- Como os equipamentos e os estoques são afastados há excesso de transporte de material e excesso de movimentação pelo operador;
- Necessidade da presença do operador para a execução das atividades;
- Fluxos de materiais e do operador descontínuos e freqüentemente caóticos.

### ***c) Construção da Tabela de Processo***

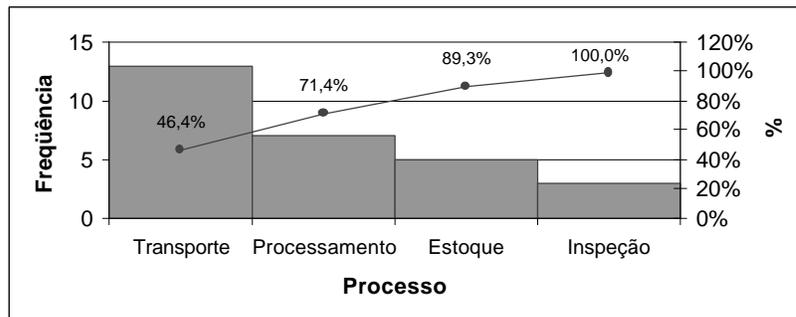
Para uma melhor compreensão do fluxo de material atual foi construído uma tabela de processo (ver Tabela 4) sob o ponto de vista do mecanismo da função produção.

Através dos dados obtidos da Tabela 4, foi gerado o gráfico de Pareto para o número de atividades versus processo (ver Figura 16), onde evidencia-se a predominância de atividades de transporte que representam acima de 46% de todas as atividades executadas. Isto é um reflexo do tipo de *layout* apresentado pelo sistema produtivo atual, no qual os equipamentos e os estoques estão afastados, ocasionando uma distância total percorrida pelo material acima de 2 km/turno, como pode ser verificado na Tabela 4 e na Figura 15.

Tabela 4 - Tabela de Processo do Estado Atual

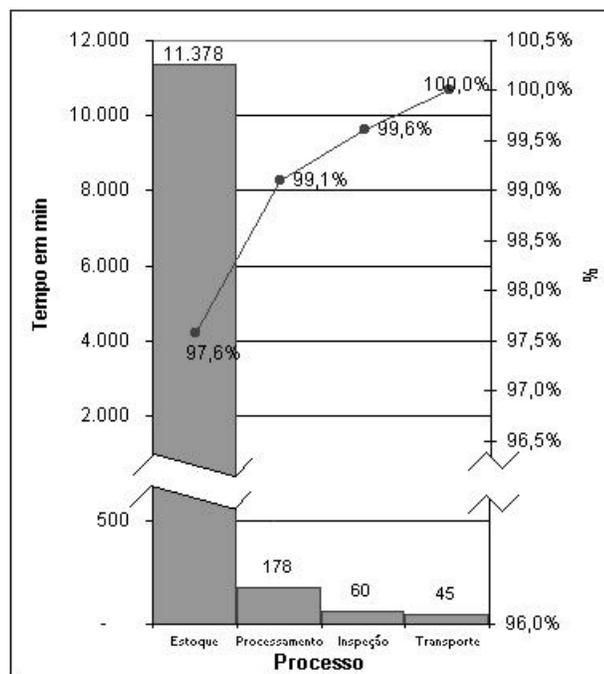
Passo	Descrição	Área/Equipamento	Distância (m)	Tempo (minutos)	Processamento	Transporte	Inspeção	Estoque	
					●	➔	■	▲	
1	Estoque de bases e concentrados	Estante de MP		1.920				●	
2	Transporte de bases e concentrados		28	10		●			
3	Pesagem de bases e concentrados	Balança		40	●				
4	Transporte para a panela		2,5	3		●			
5	Homogeneização	Homogeneizador		12	●				
6	Transporte até cabine de aplicação		11	1		●			
7	Teste de cor	Cabine de aplicação		20			●		
8	Estoque de concentrados	Estante de acerto de cor		1.920				●	
9	Transporte de concentrado para a balança		5,5	1		●			
10	Pesagem de concentrados	Balança		39	●				
11	Transporte para a panela		2,5	3		●			
12	Homogeneização	Homogeneizador		12	●				
13	Transporte até cabine de aplicação		11	1		●			
14	Teste de cor	Cabine de aplicação		20			●		
15	Transporte de concentrado para a balança		5,5	1		●			
16	Pesagem de concentrados	Balança		38	●				
17	Transporte para a panela		2,5	3		●			
18	Homogeneização	Homogeneizador		12	●				
19	Transporte até cabine de aplicação		11	1		●			
20	Teste de cor	Cabine de aplicação		20			●		
21	Estoque de embalagens	Estante de embalagens		1.440				●	
22	Transporte de embalagens		22	3		●			
23	Enlatamento			25	●				
24	Transporte para a prateleira		15	3		●			
25	Estoque de tinta	Colorimetria		2.743				●	
26	Transporte de tinta		2.000	15		●			
27	Estoque de tinta	Sala de preparação		3.355				●	
28	Transporte de tinta para uso no cliente		0,60	0,10		●			
<b>Total</b>			2.117,1 metros	11.661,1 minutos	7	13	3	5	vezes
					178	45	60	11.378	minutos
					1,5%	0,4%	0,5%	97,6%	

Através dos dados obtidos da Tabela 4, foi gerado o gráfico de Pareto para o número de atividades versus processo (ver Figura 16), onde evidencia-se a predominância de atividades de transporte que representam acima de 46% de todas as atividades executadas. Isto é um reflexo do tipo de *layout* apresentado pelo sistema produtivo atual, no qual os equipamentos e os estoques estão afastados, ocasionando uma distância total percorrida pelo material acima de 2 km/turno, como pode ser verificado na Tabela 4 e na Figura 15.



**Figura 16 - Gráfico de Pareto para Frequência × Processo**

Ainda utilizando os dados da Tabela 4, foi construído o gráfico de Pareto tempo versus processo (ver Figura 17). Através deste gráfico foi evidenciado que a atividade que consome maior tempo é o estoque, representando em torno de 97% dos quase 12.000 minutos da amostra. É importante observar que o processamento, como única atividade que agrega valor, representa apenas 1,5% do tempo total.



**Figura 17 - Gráfico de Pareto para Tempo × Processo**

A predominância da atividade estoque (atividade que não agrega valor) é associada com o excesso de inventário de matérias-primas e de produto acabado e pelo tipo de produção que é empurrada, gerando estoques entre processos.

Para Hines & Taylor (2000), em um ambiente de produção, o percentual entre os tempos das atividades e o tempo total do fluxo de valores de uma empresa comum (mas não de classe mundial) está por volta de:

- 5% para atividade com adição de valor;
- 95% para atividade sem adição de valor.

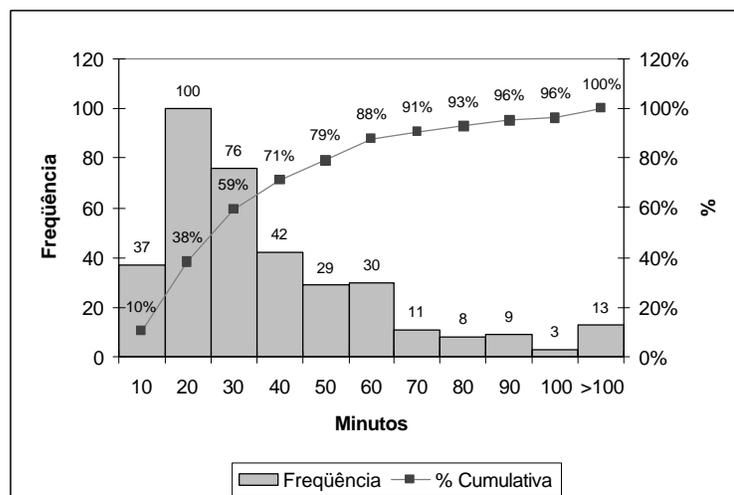
Baseados nas observações de Hines & Taylor (2000), evidencia-se que no sistema produtivo atual, no qual a atividade que agrega valor representa somente 1,5% do tempo total, existe uma oportunidade considerável de redução de perdas e melhoria do processo, a fim de alcançar pelo menos 5% das atividades com adição de valor observadas em uma empresa comum.

### **3.3.2.2 Construção do *Loop* Colorimetria**

O *loop* Colorimetria, conforme anteriormente mencionado, inclui o fluxo de material e de informação entre o supermercado de matéria-prima e o estoque na sala de preparação na Marcopolo. Este *loop* é composto das operações de fabricação da tinta que são: pesagem, homogeneização, teste de cor, acerto de cor e enlatamento.

Para construir e detalhar este *loop* foi necessário proceder a uma coleta de amostras de diversos tamanhos, dependendo da operação, devido a grande variação no processo. A amostragem foi realizada durante um período de 45 dias de produção.

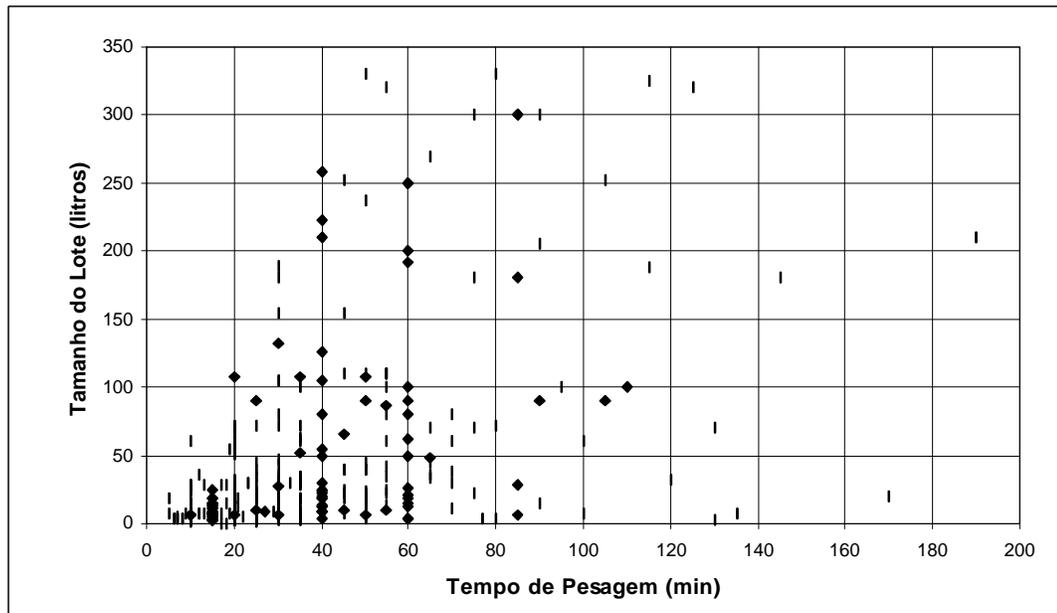
Na operação de Pesagem, foi realizada a coleta de dados do tempo de pesagem de 358 lotes. Através destes dados foi possível a construção do histograma de distribuição do tempo de pesagem (ver Figura 18). Observa-se que 79% dos lotes de tinta foram pesados em até 50 minutos, sendo considerado um valor aceitável para esta operação.



**Figura 18 - Histograma do Tempo de Pesagem**

Existe uma hipótese para o sistema produtivo atual, de que o tempo de pesagem é uma função diretamente proporcional ao tamanho do lote, ou seja, quanto maior o tamanho do lote maior será o seu tempo de pesagem. Para verificar esta hipótese, determinando a relação entre o tamanho do lote e o tempo de pesagem, montou-se um diagrama de dispersão, apresentado na Figura 19, e calculou-se o coeficiente de correlação.

O resultado do coeficiente de correlação entre as duas propriedades foi de 0,48, concluindo-se que a hipótese pode ser rejeitada, pois não existe forte correlação entre o tamanho do lote e o tempo gasto para sua pesagem que justifique a aceitação da hipótese.



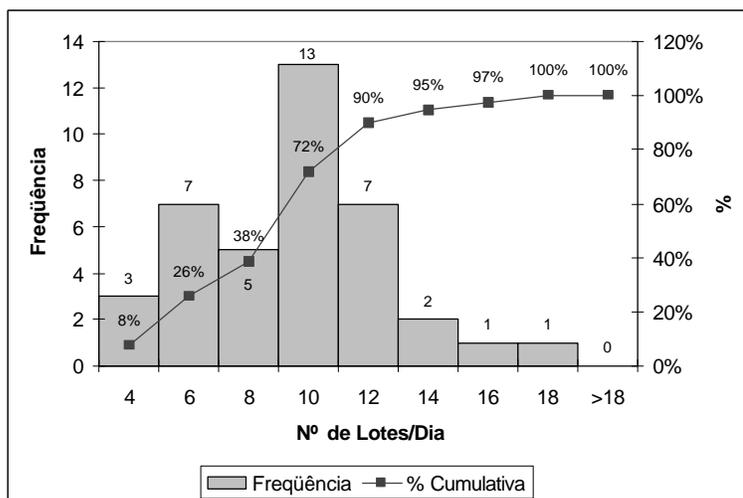
**Figura 19 - Diagrama do Tempo de Pesagem  $\times$  Tamanho do Lote**

Com isso, pode-se verificar também que o tempo de pesagem está relacionada a outros fatores, e a determinação deste tempo é uma função mais complexa. Estes fatores, além do tamanho do lote, estão citados a seguir:

- número de itens na fórmula de cor da tinta;
- habilidade do operador em realizar a pesagem;
- tamanho da embalagem (balde/galão) utilizada no fornecimento das bases e concentrados. Gasta-se tempo abrindo estas embalagens e raspando-as internamente para a retirada de todo o seu conteúdo;
- existência de filas de espera para ocupação da balança;

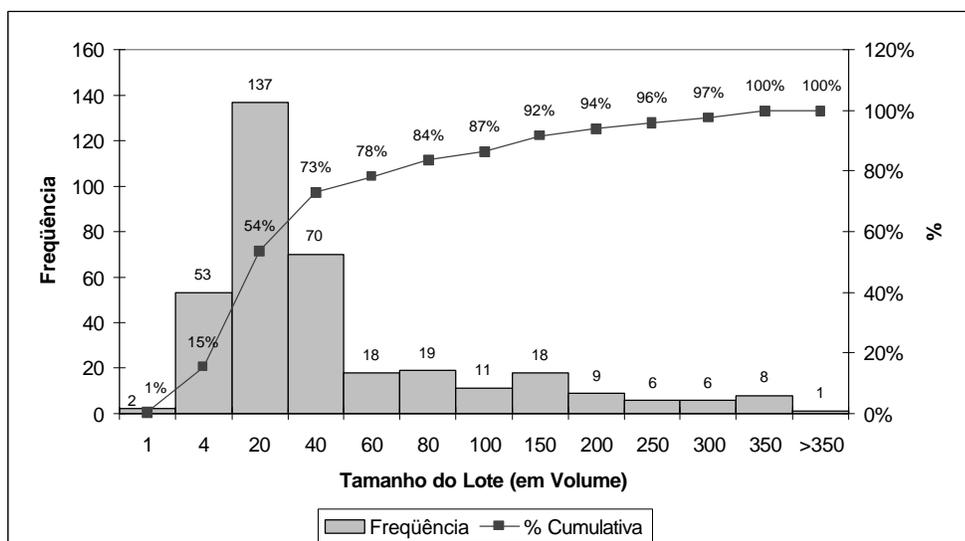
- erros de pesagem, ocasionando a retirada da quantidade a mais adicionada, quando possível. Normalmente é necessário fazer o cálculo proporcional e proceder a sua correção;
- perda de tempo no cálculo manual da quantidade a ser pesada;
- insuficiência de quantidade de matéria-prima requisitada para a pesagem, obrigando o operador a parar a pesagem e buscar mais no estoque;
- iniciar a pesagem sem todas as matérias-primas disponíveis no estoque;

Para determinar a quantidade de lotes produzidos diariamente, foram avaliados 355 lotes. Com os dados obtidos construiu-se o histograma produção de lotes/dia apresentado na Figura 20. Analisando-se este gráfico observa-se que a média do número de lotes produzidos por dia é de 9,1, indicando um nível médio de utilização do sistema da ordem de 61,1% de sua capacidade máxima de 14,9 lotes/dia. Isto se deve ao fato de que nem sempre o sistema trabalha com oito operadores; na verdade o setor está composto por 6 operadores fixos, os quais produzem em torno de 12 lotes/dia. Para a utilização da capacidade máxima do sistema produtivo há necessidade de alocação de dois operadores deslocados de outro setor. Nos casos onde excedeu-se a capacidade, realizou-se horas extras para concluir o trabalho.



**Figura 20 - Histograma de Lotes/dia**

Quanto ao tamanho do lote produzido, a Figura 21 apresenta um histograma onde observa-se que em 54% dos casos, o tamanho do lote produzido foi de até 20 litros de tinta. Isto ocorre devido a necessidade da pintura de detalhes (desenhos e faixas) em vários ônibus ou a pintura de um único ônibus na sua cor base<sup>15</sup>.

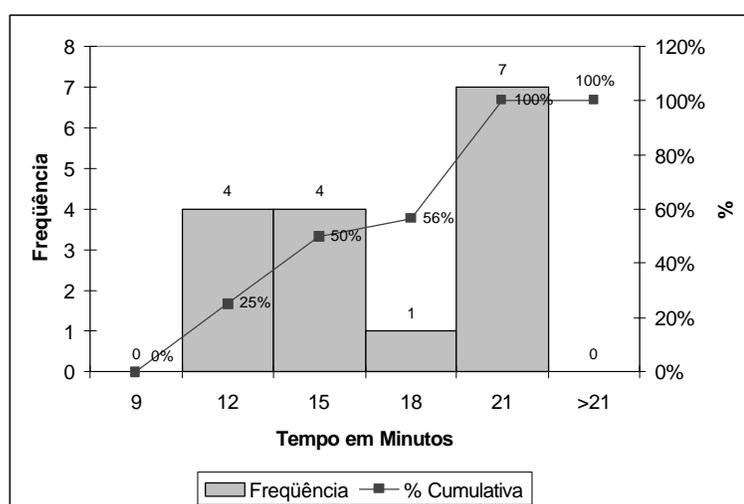


**Figura 21 - Histograma do Tamanho do Lote de Produção**

<sup>15</sup> A cor base de um ônibus é a sua cor predominante. Dependendo do tamanho do ônibus a quantidade de tinta para sua pintura de cor base varia de 14,4 a 20 litros.

Após a etapa de pesagem, a tinta é homogeneizada em um dos oito misturadores disponíveis. O tempo de ciclo desta atividade é de 12 minutos.

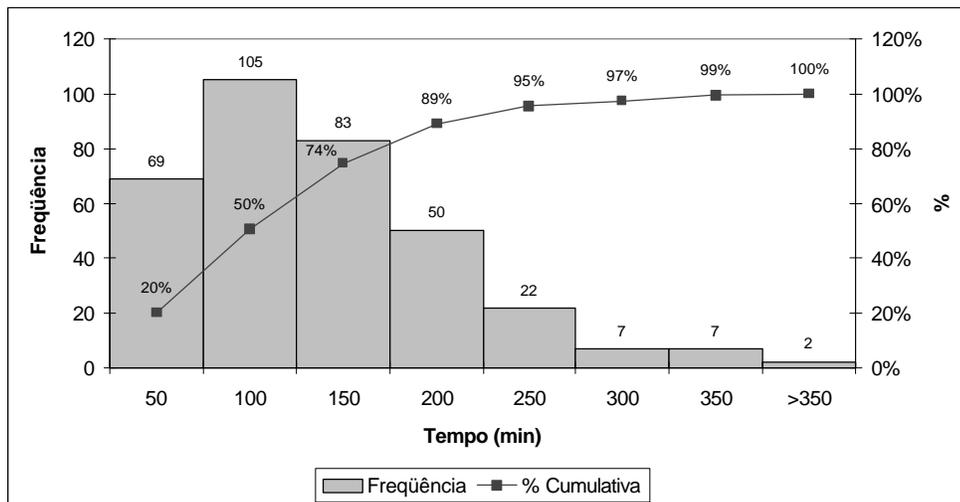
Posterior à homogeneização é realizado o teste de cor, o qual dura em torno de 20 minutos, como pode ser observado no histograma de tempo de teste de cor, apresentado na Figura 22, onde foram analisados 16 lotes.



**Figura 22 - Histograma do Tempo de Teste de Cor**

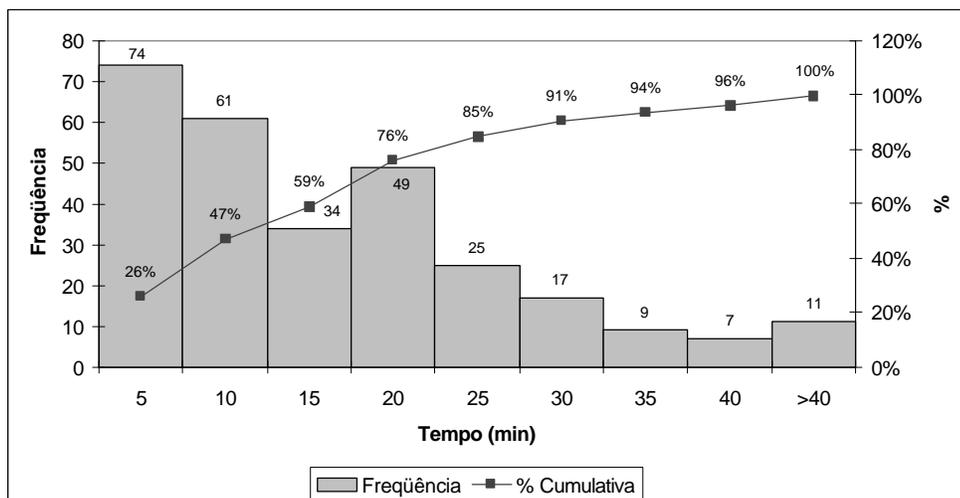
Posterior a etapa de teste de cor, é realizado o acerto de cor. Realizou-se a coleta de dados de 345 lotes para a determinação do histograma de distribuição do tempo de acerto, apresentado na Figura 23.

Observa-se que 80% dos lotes de tinta consumiram mais de 50 minutos para o seu acerto de cor, com a existência de uma grande variação no tempo de acerto de cor, chegando em alguns casos além de 350 minutos. Isto se deve a influência da capacidade e aptidão de cada operador (colorista) para atingir a cor requerida.



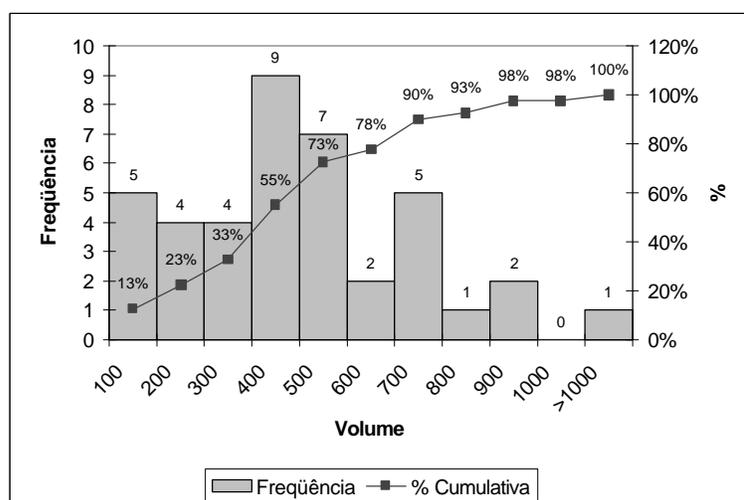
**Figura 23 - Histograma do Tempo de Acerto**

Após o acerto de cor, tem-se a etapa de enlatamento. Para a determinação do tempo de ciclo desta atividade realizou-se a coleta de dados de 287 lotes. Os dados foram colocados em um histograma de distribuição de tempo de enlatamento (ver Figura 24). Observa-se que 85% dos lotes de tinta levaram até 25 minutos para o seu envase. Isto se deve ao fato de que o tempo de ciclo da atividade está relacionado diretamente com o tamanho do lote e inversamente proporcional ao tipo de embalagem a ser utilizada para o envase da tinta (galão ou balde).



**Figura 24 - Histograma do Tempo de Enlatamento**

Ainda na etapa de enlatamento, para determinar o volume de tinta enlatado diariamente foram levantados dados de 40 dias de produção, gerando o histograma apresentado na Figura 25. Observa-se que em 78% das amostras o volume enlatado por dia é de até 600 litros.



**Figura 25 - Histograma do Volume Enlatado Diariamente**

O volume enlatado é transferido para um estoque na Colorimetria. Este estoque contém em torno de 2.000 litros de tinta. Este estoque é composto de tinta que está aguardando o transporte até a sala de preparação (distância de 2 km e usa empilhadeira) e de sobra de tinta não gasta na pintura do ônibus.

### **3.3.3 Descrição do *Loop* Fornecedor**

O *loop* do fornecedor inclui o fluxo de material e de informação entre o fornecedor e o supermercado de matérias-primas na Marcopolo. As matérias-primas são as bases (fornecidas em balde de 18 litros), concentrados (fornecidos em galões de 3,6 litros) e embalagens vazias (do tipo balde de 18 litros e galão de 3,6 litros). Estas embalagens vazias servem para acondicionar a tinta produzida a partir da mistura das bases e dos concentrados na Marcopolo.

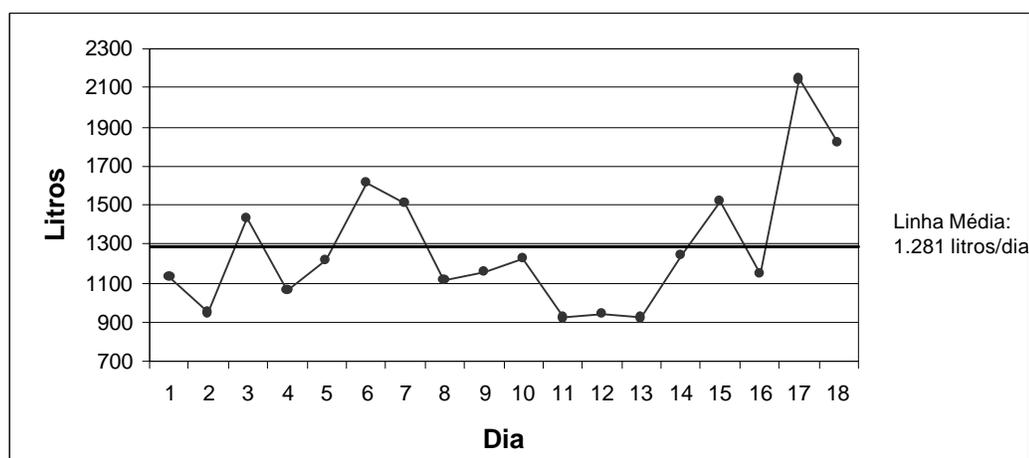
Somente a reposição das matérias-primas é realizada via sistema *kanban*. Os cartões *kanban* são retirados das prateleiras de estoque de matéria-prima do setor de Colorimetria por um operador, responsável por tal tarefa, no início de cada manhã. Os cartões são transportados para o setor denominado Central de *Kanban* (distância aproximada de 1.000 metros), no qual cadastram-se os itens solicitados num sistema computacional. Após esta etapa, as folhas de solicitação são impressas e transmitidas via fax aos fornecedores até às 12 horas da manhã.

O fornecedor de bases e concentrados, Renner DuPont, e o fornecedor local de embalagens vazias, recebem o fax até às 12 horas, providenciam a separação do pedido de seus estoques e preparam a carga das matérias-primas para transporte.

O material é coletado pelo transportador no mesmo dia do acionamento. O caminhão chega na Renner DuPont às 17 horas para carregamento e sai às 19 horas.

O material chega na Marcopolo às 9 horas do dia seguinte. Ele é conferido e transportado para o setor de Colorimetria.

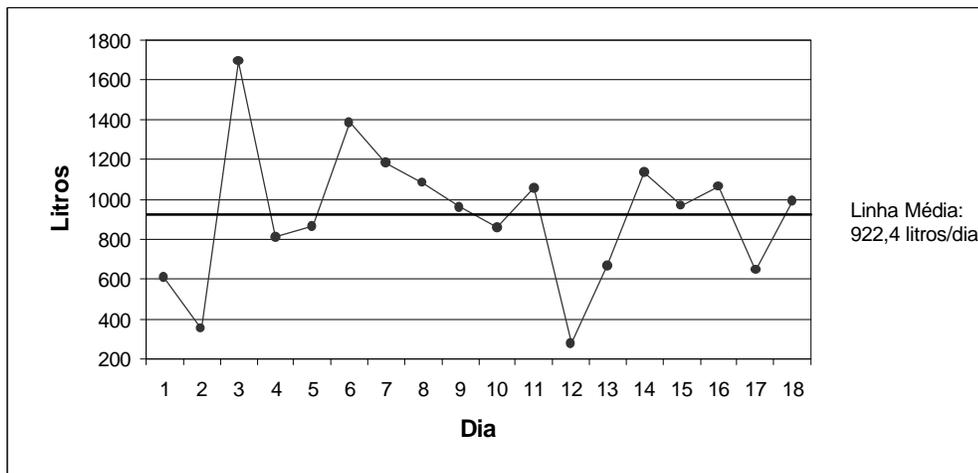
A média do nível de estoque de bases e concentrados na Marcopolo foi levantada com base na coleta diária de dados, durante o período de dezoito dias. Os resultados deste levantamento estão apresentados graficamente na Figura 26, indicando uma média de inventário de 1.281 litros/dia.



**Figura 26 - Gráfico do Estoque Diário de Bases e Concentrados**

Paralelamente, nestes dezoito dias, foram levantados dados de inventário de embalagens vazias, tipo balde e galão, as quais são utilizadas para o envase da tinta fabricada na Marcopolo.

Baseado nestes dados, construiu-se o gráfico do estoque diário de embalagens vazias representado em volume no qual obteve-se a média de volume útil de embalagens vazias de 922,4 litros/dia, conforme apresenta a Figura 27.



**Figura 27 - Gráfico do Estoque Diário de Embalagens Vazias Representado em Volume**

### 3.3.4 Identificação das Perdas no Sistema Produtivo Atual

Com o auxílio do mapa do estado atual, identificou-se as sete grandes perdas presentes no sistema produtivo, conforme apresentado na Figura 28.

A seguir, serão detalhados os sete tipos de perdas que foram encontradas e consideradas como sendo as mais importantes:

#### ① Perda por Superprodução

A perda por superprodução quantitativa está evidenciada no momento em que o cliente devolve em torno de 14,5% do volume de tinta produzida **(1a)**<sup>16</sup>. Esta sobra retorna para o estoque de colorimetria. As principais causas são:

<sup>16</sup> Estes números indicam a posição das perdas no mapa do estado atual (Figura 28).

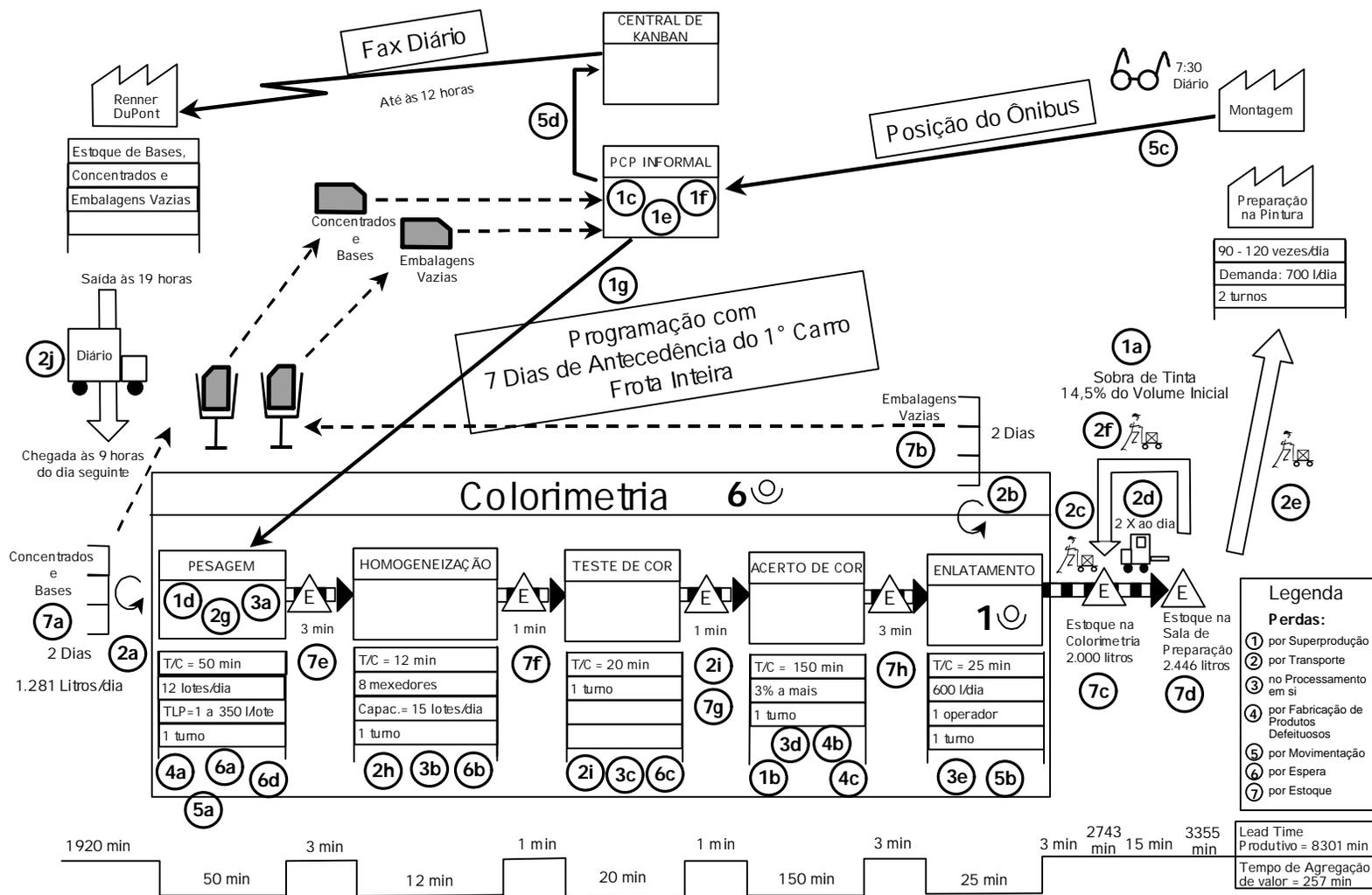


Figura 28 - Identificação das Perdas no Mapa do Estado Atual

- Na atividade de acerto de cor gera-se em torno de 3% a mais de tinta pesada nas etapas anteriores (**1b**);
- Erro na determinação do volume necessário pelo cliente para pintura do ônibus (**1c**). O colorista arbitra, baseado na sua experiência de produção de tinta, o volume necessário, pois no projeto de pintura não está especificado o consumo de tinta utilizado na pintura do ônibus.
- Erros de pesagem de um concentrado (**1d**). Para corrigir este erro, o colorista adiciona outros concentrados aumentando o volume do lote da tinta;
- Segurança (**1e**). Opta-se por fazer uma quantidade maior para não faltar na hora da pintura do ônibus, pois se faltar tinta durante a pintura do ônibus tem-se um curto período de tempo (30 min) para não perder toda a pintura. Como o *lead time* de produção é bem superior, não se tem condições de produzir "contra pedido".
- Acréscimo de um percentual em cada lote para compensar a perda no processamento (**1f**). Este percentual também é arbitrado pelo colorista.

A perda por superprodução antecipada é identificada na antecedência de sete dias de programação do primeiro ônibus (**1g**), quando a colorimetria faz a tinta para a pintura da frota inteira. As principais causas deste procedimento estão relacionadas com a falta de capacidade em produzir em pequenos lotes. Neste caso, pode ocorrer obsolescência da tinta, em função de uma possível alteração/cancelamento do cliente pela cor, resultando em uma perda da tinta.

## ② Perda por Transporte

A perda por transporte é identificada em diversos pontos do sistema produtivo. Com o auxílio da tabela de processo (Tabela 4) e do *layout* (Figura 15) identificou-se estas perdas nos seguintes pontos:

- (2a) No transporte de bases e concentrados (distância percorrida de 28 metros);
- (2b) No transporte de embalagens vazias (distância percorrida de 22 metros);
- (2c) No transporte da tinta envasada até o estoque da colorimetria (distância percorrida de 15 metros);
- (2d) No transporte da tinta envasada do estoque da colorimetria até o estoque da sala de preparação (distância percorrida de 2.000 metros);
- (2e) No transporte do estoque da sala de preparação até o cliente (60 cm);
- (2f) No transporte do retorno da sobra de tinta da sala de preparação para a colorimetria (distância percorrida de 2.000 metros);
- (2g) (2h) (2i) No transporte dentro das operações de produção de tinta no setor de colorimetria, entre os quais, transporte da quantidade pesada para a panela (2g) e para o misturador (2h), e transporte para o teste de cor na cabine de aplicação (2i).
- (2j) No transporte de matérias-primas do fornecedor até a Marcopolo (23 horas);

Conforme mostrado na Tabela 4, o material é movimentado por mais de dois quilômetros a cada ciclo de produção, resultado do *layout* funcional (por processo) e da disposição afastada dos estoques de matérias-primas e de produtos acabados.

### ③ Perda no Processamento em Si

A perda no processamento em si acontece nas seguintes etapas:

- (3a) Na operação de pesagem. O resíduo de base e concentrados que ficam no interior das embalagens;
- (3b) Na homogeneização. Perde-se tinta nas pás das hélices e solvente utilizado na limpeza das pás;
- (3c) No teste de cor. Perde-se em torno de 200 ml de tinta para aplicação de uma chapa de flandres, além de 100 ml de catalisador e 100 ml de solvente de diluição;
- (3d) No acerto de cor. Perde-se em torno de 200 ml de tinta para aplicação de uma chapa de flandres, além de 100 ml de catalisador e 100 ml de solvente de diluição. Como esta operação normalmente é realizada três vezes, a perda é triplicada;
- (3e) No enlatamento. Perde-se o resíduo que fica no interior da panela, além da perda de solvente utilizado na limpeza.

### ④ Perda por Fabricação de Produtos Defeituosos

A perda por fabricação de produtos defeituosos pode acontecer nas operações de pesagem (4a) e de acerto de cor (4b), na qual o operador pode cometer um erro de pesagem. Caso o operador pese uma quantidade maior de um concentrado de alto poder de tingimento,

existe a possibilidade de ele não mais conseguir acertar a cor do lote, portanto, ele descartará este lote e reiniciará novamente a pesagem de um novo lote.

Outra possibilidade de perda é na liberação das tintas fora dos limites aceitáveis de diferença de cor (**4c**), podendo haver repinturas dos ônibus, caso seja notado pelo cliente, pois o mercado de ônibus é tolerante a pequenas diferenças de cor. O número de reclamações de clientes por problemas de cor é bastante raro.

#### **⑤ Perda por Movimentação**

A perda por movimentação acontece nos movimentos realizados pelos operadores na execução das operações de pesagem (**5a**) e de enlatamento (**5b**), tais como, quando o operador carrega baldes de 18 litros cheios, abre e eleva até a altura de um metro e meio para despejar dentro da panela. Outra perda por movimentação do operador é referente às caminhadas diárias, de ida e volta, que ocorrem na verificação da posição dos ônibus no setor de montagem (**5c**) e na entrega dos cartões *kanban* na central de *kanban* (**5d**).

#### **⑥ Perda por Espera**

A perda por espera do processo acontece quando o lote de tinta permanece esperando a disponibilidade de algum equipamento, como a balança (**6a**), o misturador (**6b**) e ou a cabine de aplicação (**6c**), ocasionando filas. As causas podem ser a insuficiência de equipamentos, tais como misturadores, panelas e balanças, ou a falta de sincronização entre os processos de fabricação da tinta e ou a falta de um planejamento e controle de produção.

A perda por espera do lote pode acontecer quando o operador inicia a pesagem de um lote de tinta e após verifica que está faltando um concentrado no estoque para concluir a

pesagem **(6d)**. O lote iniciado é posto de lado, desocupando a balança e o misturador, e permanece esperando a chegada do concentrado que está faltando. A causa principal é a falta de planejamento da produção.

### ⑦ Perda por Estoque

A perda por estoque acontece pela manutenção de estoques:

- de matérias-primas: bases, concentrados **(7a)** e embalagens vazias **(7b)**;
- de estoque de produto acabado na colorimetria **(7c)** e na sala de preparação **(7d)**;
- de material em processamento **(7e)(7f)(7g)(7h)**.

Quanto às matérias-primas **(7a)**, o estoque se deve à segurança, sendo justificados pela eliminação de possíveis atrasos de entrega, do tempo de entrega de um dia e da falta de programação da produção. No caso de embalagens vazias **(7b)**, o estoque serve principalmente para proteger o sistema produtivo contra a baixa confiabilidade do fornecedor.

Quanto aos estoque de produtos acabados **(7c)(7d)**, são gerados em função da produção antecipada (mínimo uma semana antes da pintura do ônibus), dos tempos elevados de produção com alta variação e para garantir a segurança de fornecimento da tinta para a pintura dos ônibus.

Os estoques de materiais em processamento **(7e a 7h)**, por sua vez, são decorrentes dos tempos de produção elevados e com alta variação e das esperas de processo.

### 3.3.5 Plano de Ação

Após a identificação das perdas no sistema produtivo atual, procedeu-se a construção de um plano de ação voltado à implementação de melhorias no sistema com vistas à otimização de seu desempenho.

Neste plano constava a necessidade de que o sistema produtivo deveria sofrer uma transformação radical (*kaikaku*), com a introdução de uma nova tecnologia de produção de cores, passando de um método manual para um método automático, através da utilização de uma máquina tintométrica. Esta foi uma decisão estratégica a fim de proporcionar um diferencial competitivo para a empresa. Além disso, foi proposta a necessidade de realizar melhorias contínuas (*kaizen*) no processo, diminuindo ou até eliminado as perdas identificadas no mapa do estado atual.

O *kaizen* teve início com a utilização da ferramenta 5S, especificamente na área de colorimetria. A filosofia 5S já era conhecida dentro da Marcopolo, mas havia caído em desuso. Portanto, houve a necessidade de implementá-la novamente. Através de treinamento, conscientização dos operadores e com a realização de auditorias periódicas do fornecedor Renner DuPont, tem-se obtido várias soluções que auxiliam na melhoria contínua do ambiente de trabalho (*gemba*). O método utilizado nas auditorias é realizado através de *check-list* e registro das não-conformidades por fotos. Estas são colocadas em um quadro para possibilitar a visualização por todos os operadores envolvidos no *gemba*. Quando os problemas levantados pelas fotos são resolvidos, na próxima auditoria tira-se novamente fotos da solução implementada, possibilitando a visualização da situação anterior e da posterior. Deixa-se por uma semana as fotos da situação problemática e da solução expostas e após coloca-se novas fotos dos novos problemas levantados na auditoria. Também na auditoria atribui-se notas para

cada solução da questão do *check-list* e para cada solução das fotos. O resultado obtido é exposto no quadro de cada posto de trabalho, representando a situação do 5S com um boneco colorido.

Alguns exemplos de melhorias realizadas no sistema produtivo foram a construção de uma estante para embalagens vazias com o sistema FIFO<sup>17</sup>, pois antes se empilhavam as embalagens; a montagem de um dispositivo de fechamento pneumático seguro das tampas de embalagens, pois antes se utilizava um martelo de borracha para fechar as tampas; e utilização de códigos de barras na fabricação da tinta, já que antes o operador digitava o código da tinta a ser fabricada podendo ocasionar erros de produção de uma tinta não necessária.

Foram criados padrões e registros para garantir a qualidade em cada processo e evitar a recorrência de problemas. Estes padrões estão registrados em manuais e normas de procedimento de cada operação, servindo como base para treinamento. Os registros servem para permitir rastreabilidade do sistema produtivo e para confecção de relatórios gerenciais.

Na evolução do 5S foi utilizado técnicas de gerenciamento visual que permitiu que o *gemba* ficasse "transparente", isto é, tornando fácil o reconhecimento das perdas e das anormalidades. Como exemplo do gerenciamento visual foi construído um quadro de produção, no qual se estabelecia as prioridades de fabricação das tintas.

Para promover segurança é realizado auditorias periódicas de segurança pela Renner DuPont e em conjunto com a Marcopolo. Conseguiu-se com isto, estabelecer um ambiente onde os problemas de segurança foram eliminados. Algumas soluções para os problemas de segurança levantados nas auditorias foram: aterramento de todos os equipamentos, colocação

---

<sup>17</sup> FIFO – sigla em inglês de "*first in - first out*", ou seja, o primeiro que entra é o primeiro que sai.

de placas indicativas de uso de equipamentos de proteção, exaustão do ambiente de trabalho, colocação de um dispositivo de segurança no equipamento de fechamento pneumático das tampas, no qual a operação é realizada somente com o acionamento simultâneo de dois botões, evitando que as mãos dos operadores sejam lesadas.

Com as atividade de *kaizen* pretende-se diminuir ou até eliminar as perdas que serão identificadas no mapa do estado futuro, o qual, uma vez transformado em estado atual, permitirá que o processo de mapeamento se repita a fim de novamente se obter um estado futuro, viabilizando a melhoria contínua no nível do fluxo de valor.

### **3.4 CONSTRUÇÃO DO MAPA DA CADEIA DE VALOR DO ESTADO FUTURO**

Considerando-se a família identificada na construção do Mapa do Estado Atual procedeu-se a construção do mapa da cadeia de valor do novo estado, doravante denominado Mapa do Estado Futuro representado na Figura 29.

O Mapa do Estado Futuro também foi dividido em três grandes *loops* (Fornecedor, Colorimetria e Cliente), conforme mostrados na Figura 30. As fronteiras dos três grandes *loops* permaneceram as mesmas do Mapa do Estado Atual.

A seguir estão descritas as modificações ocorridas nos *loops* que formam o Mapa do Estado Futuro partindo do *loop* do cliente.

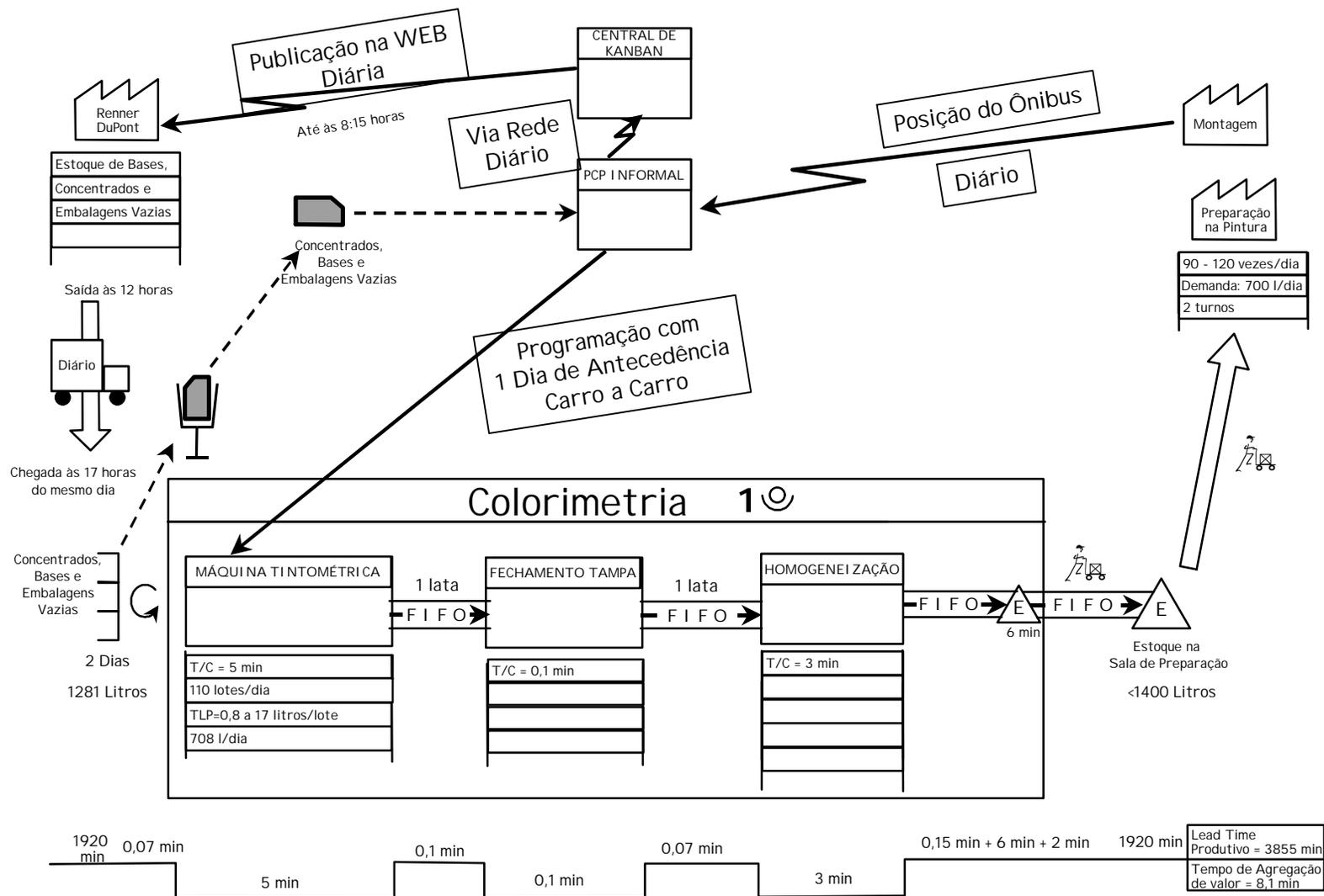


Figura 29 - Mapa do Estado Futuro

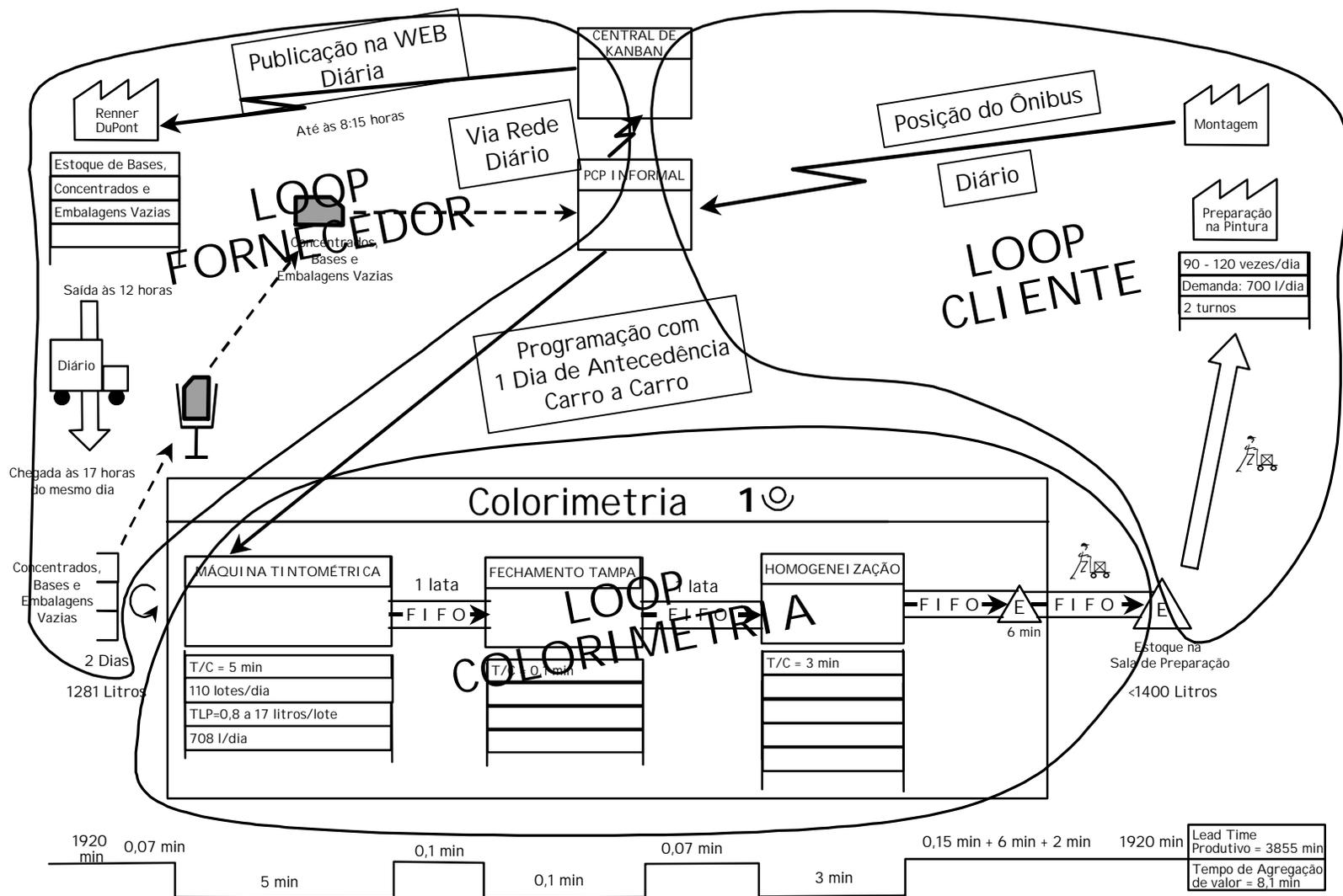


Figura 30 - Loops do Mapa do Estado Futuro

### 3.4.1 Descrição das Modificações no Loop Cliente

No *loop* do cliente alterou-se a forma de envio das informações da montagem, passando para a forma eletrônica, que informa a posição de linha do ônibus, a qual é impressa diariamente e enviada para a colorimetria. Esta informação serve para acionar o início da produção da tinta. Outras informações repassadas para a colorimetria são a definição das cores de tintas e suas quantidades necessárias para a pintura do ônibus, presentes no projeto de pintura.

O nível de estoque de tinta diário na sala de preparação caiu para no máximo 1.400 litros, devido à mudança na programação, que foi alterada para um dia de antecedência. Para verificação do funcionamento desta mudança, mediu-se o intervalo de tempo de antecipação da produção da tinta até o seu consumo, no período de um mês, conforme apresentado na Figura 31.

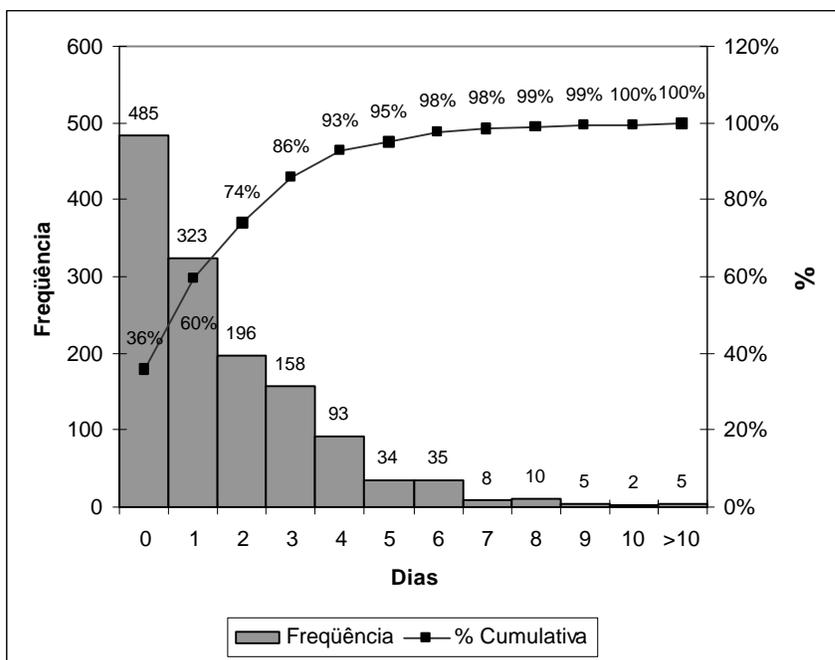


Figura 31 - Histograma Dias de Antecipação de Produção de Tinta x Consumo

Na Figura 31 observa-se um percentual de 60% de produção de tinta com até zero mais um dia de antecedência, conforme a diretriz estabelecida. Observa-se que existem exceções em função da ocorrência de feriados e finais de semana, como é o caso da produção com dois a três dias de antecedência.

### 3.4.2 Descrição das Modificações no *Loop* Colorimetria

Neste *loop* acontece a fabricação da tinta. Mudou-se radicalmente (*kaikaku*) o sistema de fabricação de cores, passando de um método manual, em forma de pesagem, para um método automático, em forma de volume, através da utilização de uma máquina tintométrica. A seguir serão descritas as operações para a fabricação de uma tinta no novo sistema:

- Dosagem: é a medição volumétrica das bases e concentrados de modo simultâneo usando a máquina tintométrica. A dosagem é realizada diretamente nas embalagens, que podem ser baldes (18 litros), galões (3,6 litros) ou quarto (900 ml). No sistema tintométrico, as diferentes cores de tintas são cadastradas como fórmulas em um microcomputador acoplado à máquina. Assim, após a seleção da fórmula, a máquina prepara a tinta na cor selecionada através da mistura em proporções e composições de bases e concentrados pré-determinadas;
- Fechamento da Tampa: é a operação de colocação da tampa manualmente e o seu fechamento, realizado através de um dispositivo pneumático;
- Homogeneização (mistura): é realizada num *shaker* que provoca uma agitação fazendo com que as bases e concentrados fiquem perfeitamente misturados.

As operações de fabricação de tinta acima descritas acontecem no setor denominado de Colorimetria Automatizada.

### 3.4.2.1 Características do Novo Sistema Produtivo

O novo sistema produtivo é classificado como *Make to Order*. A produção é realizada por batelada. O volume das bateladas pode ser de 800 ml a 17 litros. As tintas produzidas são Poliuretano para pintura de ônibus, cujas 2.000 cores são passíveis de produção nas seguintes embalagens: balde (18 litros), galão (3,6 litros) ou quarto (900 ml).

#### a) Capacidade Produtiva

Determinou-se a capacidade produtiva de dosagem da máquina tintométrica. Para efeito de cálculo, assumiu-se que o tempo da operação de dosagem é de 5 min.

Para um turno de trabalho de 8 horas (480 min) tem-se:

**Capacidade produtiva em nº de lotes** =  $480\text{min}/5\text{min} = 96$  lotes /turno

Supondo dosagem de 17 litros/lote (volume máximo por lote), tem-se :

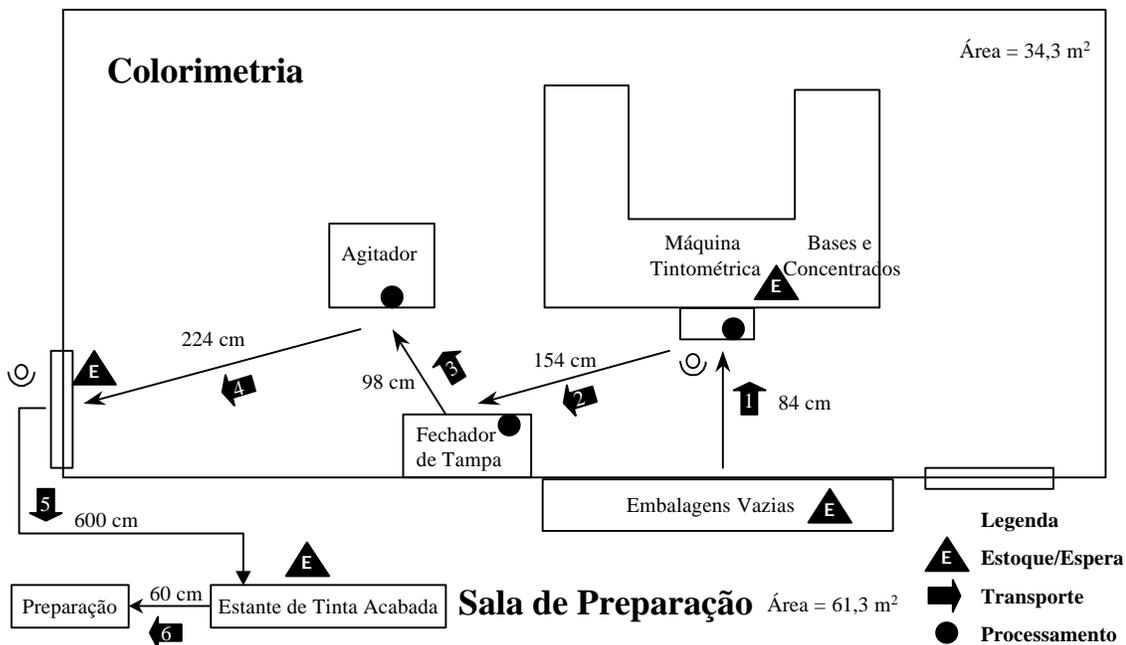
**Capacidade produtiva em volume** =  $96$  lotes X 17 litros = 1.632 litros/turno

Determinou-se a capacidade produtiva do novo sistema, considerando um tempo de ciclo de 8,1 minutos. Têm-se:

**Capacidade produtiva do sistema em nº de lotes** =  $480\text{min}/8,1\text{min} = 59$  lotes/turno

### b) Layout e Representação do Fluxo de Material

Para uma melhor detalhamento do novo sistema de produção de cores foi construído o *layout* do novo setor de Colorimetria Automatizada, mostrado na Figura 32.



**Figura 32 - Layout do Novo Setor de Colorimetria Automatizada**

As características que este tipo de *layout* apresenta no novo sistema produtivo são as seguintes:

- Nesta configuração pode-se observar equipamentos próximos e na seqüência de operações;
- Como os equipamentos e os estoques são próximos, há pouco transporte de material e pouca movimentação do operador;
- Tarefas simples;

- Necessidade da presença do operador apenas para a execução das atividades de transporte;
- Fluxo de material e do operador lógico e suave.

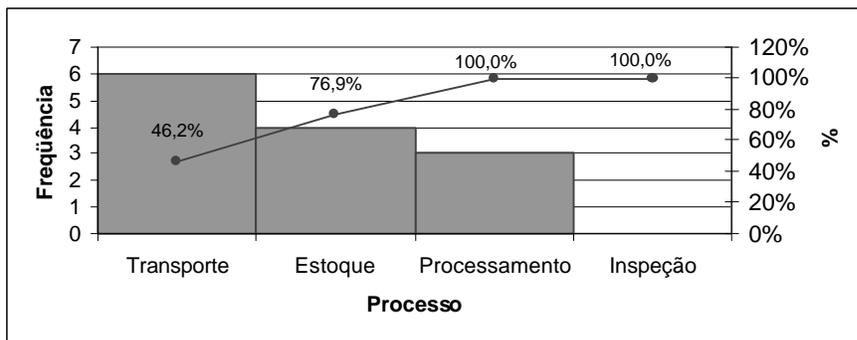
### c) Construção da Tabela de Processo

Para uma melhor compreensão do novo sistema produtivo foi construído uma tabela de processo (Tabela 5) sob o ponto de vista do mecanismo da função produção.

**Tabela 5 - Tabela de Processo do Novo Sistema Produtivo**

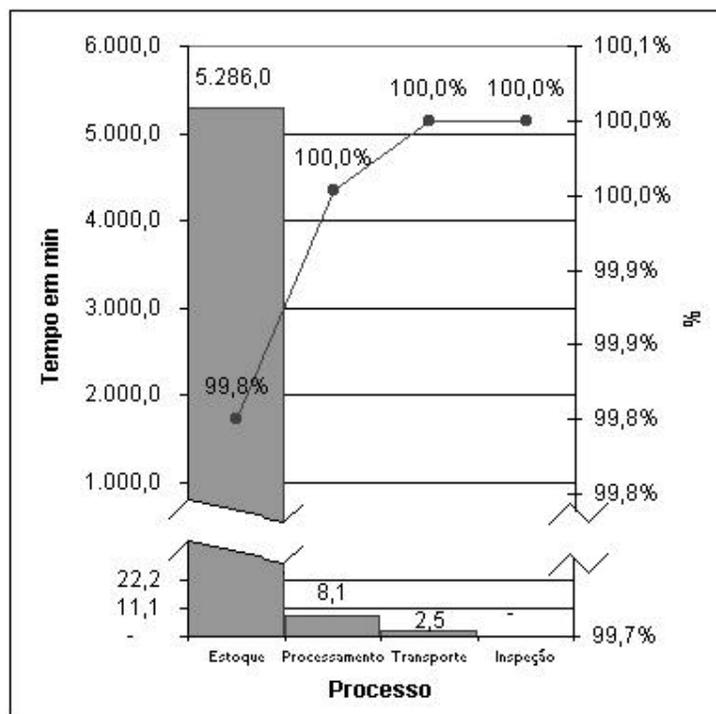
Passo	Descrição	Área/Equipamento	Distância (m)	Tempo (minutos)	Processamento	Transporte	Inspeção	Estoque	
					●	➡	■	▲	
1	Estoque de bases e concentrados	Estante de MP		1.920,00					
2	Estoque de embalagens vazias	Estante de embalagens		1.440,00					
3	Transporte de embalagem para a máquina		0,84	0,07					
4	Dosagem	Máquina tintométrica		5,00					
5	Transporte para o fechador de tampa		1,54	0,10					
6	Fechamento da tampa	Fechador de tampa		0,10					
7	Transporte até o agitador		0,98	0,07					
8	Agitação da tinta	Homogeneizador		3,00					
9	Transporte até a porta		2,24	0,15					
10	Tempo de espera de processo			6,00					
11	Transporte para a estante de tinta acabada		6,00	2,00					
12	Estoque de tinta acabada	Sala de preparação		1.920,00					
13	Transporte de tinta para uso no cliente		0,60	0,10					
<b>Total</b>			12,20 metros	5.296,59 minutos	3	6	0	4	vezes
					8,1	2,5	-	5.286,0	minutos
					0,15%	0,05%	0,0%	99,8%	

Através dos dados obtidos da Tabela 5, foi gerado o gráfico de Pareto para o número de atividades versus processo (ver Figura 33), onde evidencia-se a predominância de atividades de transporte que representam 46,2% de todas as atividades presentes. Isto se deve às várias operações de transporte realizadas pelos operadores.



**Figura 33 - Gráfico de Pareto para Frequência × Processo**

Ainda utilizando os dados da Tabela 5, foi construído o gráfico de Pareto tempo versus processo (ver Figura 34). Este gráfico evidencia que a atividade que consome maior tempo é o estoque, representando em torno de 99,8%, enquanto a atividade operação representa somente 0,2%.



**Figura 34 - Gráfico de Pareto para Tempo × Processo**

A predominância da atividade estoque (atividade que não agrega valor) é associada com o excesso de inventário de matérias-primas e de produto acabado.

Conforme os dados da Tabela 5, o tempo de ciclo, isto é, o tempo gasto pelo operador para executar as tarefas na produção de um lote é de pouco mais de 8 minutos.

#### ***d) Takt Time***

Determinou-se o *takt time* do novo sistema produtivo. Como o novo sistema é do tipo *make to order* é importante determinar o ritmo da “puxada” do cliente, de forma a estabelecer o ritmo de produção.

Para um turno de trabalho de 8 horas (28800 s) tem-se:

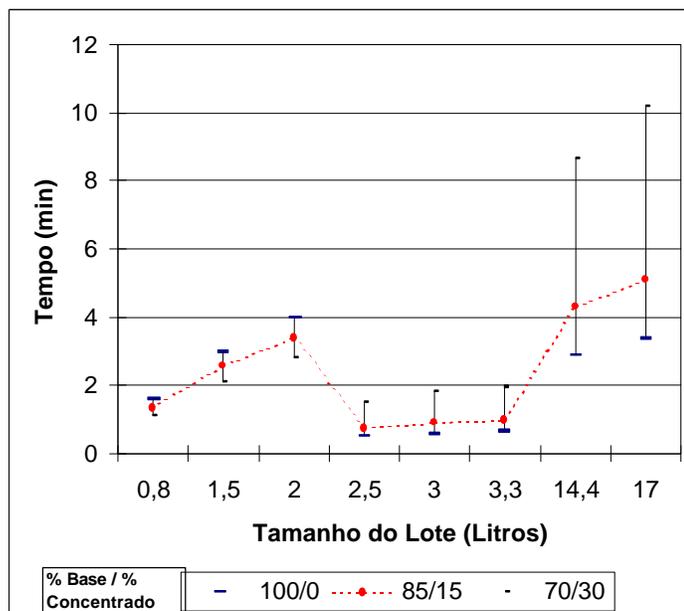
$$\mathbf{Takt\ Time} = \text{tempo de trabalho/demanda do cliente} = 28800\text{s} / 350 \text{ litros por turno}$$

$$\mathbf{Takt\ Time} = 83 \text{ segundos}$$

O *takt time* então define que, para atender a demanda do cliente dentro do tempo de trabalho disponível, é necessário produzir um litro de tinta a cada 83 segundos. Assumindo-se que o volume dos lotes é de 17 litros, pode-se dizer que o *takt time* é de 23,5 minutos por lote.

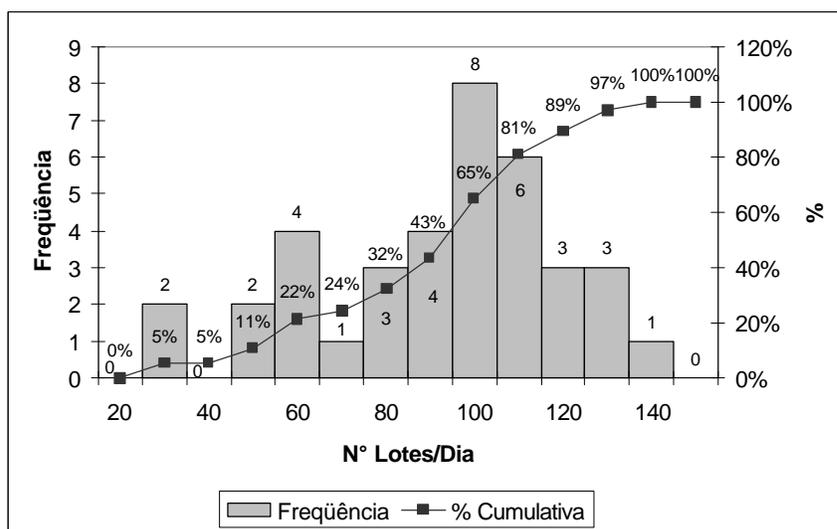
#### **3.4.2.2 Resultados das Modificações no Loop Colorimetria**

Quanto à operação de dosagem, o tempo de dosagem é função do volume a ser dosado e da composição da fórmula de cor da tinta (% de Base / % de Concentrado). Na Figura 35 observa-se que para um tamanho de lote máximo de 17 litros o tempo de ciclo médio é de cinco minutos.



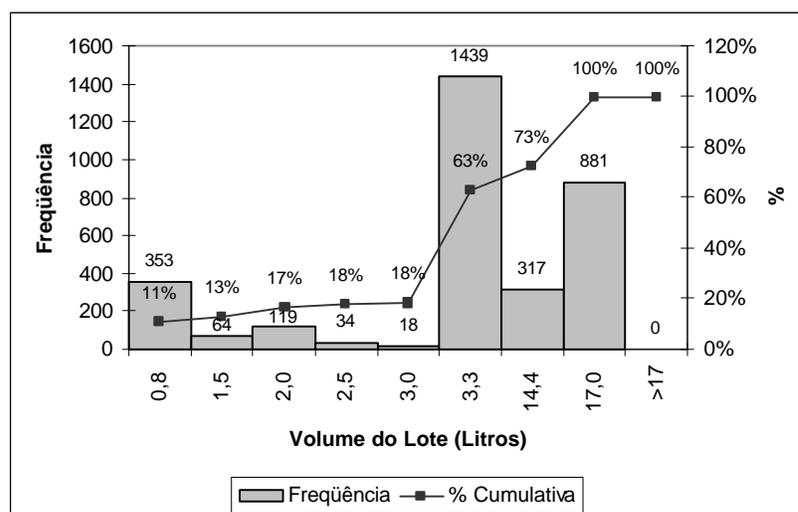
**Figura 35 - Gráfico do Tempo de Dosagem em Função do Tamanho de Lote e da Composição da Tinta**

A fim de determinar a quantidade de lotes produzidos diariamente, foram avaliados 3232 lotes em 37 dias de produção. Com os dados obtidos construiu-se o histograma produção de lotes/dia mostrado na Figura 36. Observa-se que em 81% dos casos foram produzidos até 110 lotes/dia. Isto se deve ao trabalho em dois turnos e um operador por turno.



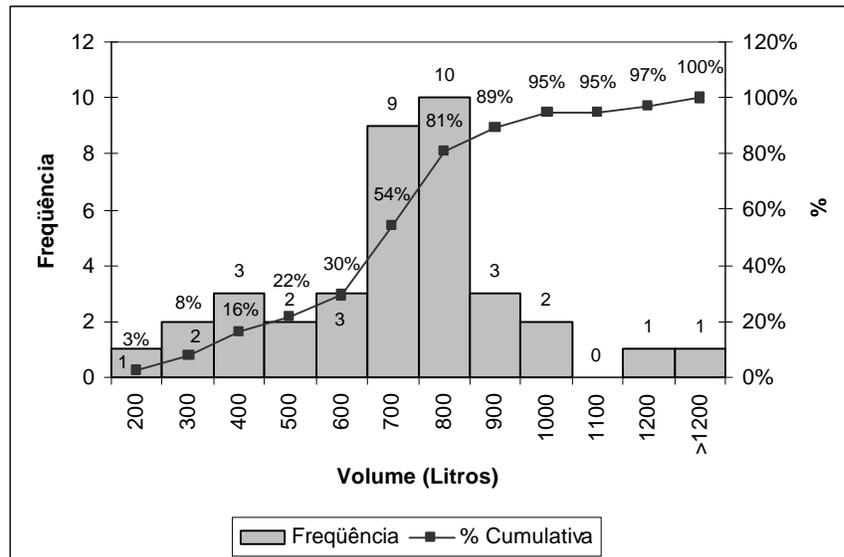
**Figura 36 - Histograma de Lotes/dia**

Foram coletados dados do tamanho de lote produzido, de uma amostragem de 3225 lotes em 37 dias de produção. Estes dados foram organizados em um histograma apresentado na Figura 37. Observa-se que o tamanho dos lotes de produção (TLP) abrange uma faixa de 0,8 a 17 litros. O tamanho de lote mais produzido é de 3,3 litros (44,62 %) seguido de 17 litros (27,32 %). Isto se deve ao fato de que o volume menor ou igual a 3,3 litros se utiliza na pintura de faixas e desenhos do ônibus, enquanto que o volume de 17 litros é utilizado para a pintura da cor base do ônibus.



**Figura 37 - Histograma de Tamanho do Lote**

A fim de determinar o volume produzido diariamente foram acompanhados 37 dias de produção, gerando o histograma apresentado na Figura 38. Observa-se que a média do volume produzido diariamente é de 708 litros.



**Figura 38 - Histograma do Volume Produzido Diariamente**

### 3.4.3 Descrição das Modificações no Loop Fornecedor

No caso do fornecimento das bases alterou-se o tipo de embalagem de fornecimento, mudando-se para *containers* retornáveis de 1.000 litros. Estas bases são transferidas para tanques externos onde permanecem armazenadas para serem utilizadas posteriormente. Ressalta-se que, com esta modificação, eliminou-se a geração de sucata das embalagens metálicas, diminuindo as perdas e proporcionando uma forma mais ecológica de fornecimento.

Os concentrados são ainda fornecidos em galões, porém são transferidos para *canisters*<sup>18</sup> internos da máquina tintométrica.

As embalagens vazias são fornecidas por um novo fabricante (Metalgráfica Renner) o qual fornece também embalagem de quarto (0,9 litros) além do balde e do galão. Estas

<sup>18</sup> Canisters são tanques pequenos com capacidade de 6, 9, 15 ou 20 litros.

embalagens são armazenadas numa estante que funciona com capacidade limitada e com o sistema FIFO para suprir a produção.

A máquina tintométrica possui um sistema automático que avisa o nível de estoque mínimo e solicita o enchimento dos tanques externos e dos *canisters* internos. A reposição das matérias-primas é realizada através de *kanban*, e os cartões acionados são publicados na WEB diariamente até às 8:15 da manhã. O fornecedor de bases e concentrados, Renner DuPont, e o fornecedor de embalagens vazias, Metalgráfica Renner, consultam a informação e providenciam a separação do pedido de seus estoques e fazem a paletização das matérias-primas para transporte.

O material é coletado pelo transportador no mesmo dia do acionamento. O caminhão sai da Renner DuPont às 12:00, chegando na Marcopolo às 17:00 do mesmo dia, quando então é descarregado no setor de colorimetria.

#### **3.4.4 Identificação das Perdas no Novo Sistema Produtivo**

Identificou-se no Mapa do Estado Futuro (ver Figura 39) as seguintes perdas consideradas as mais importantes:

##### **① Perda por Superprodução**

A perda por superprodução antecipada é identificada na antecedência de um dia de produção de tinta para a pintura do ônibus (1). O motivo principal é a segurança em se produzir a tinta com um dia de antecedência.

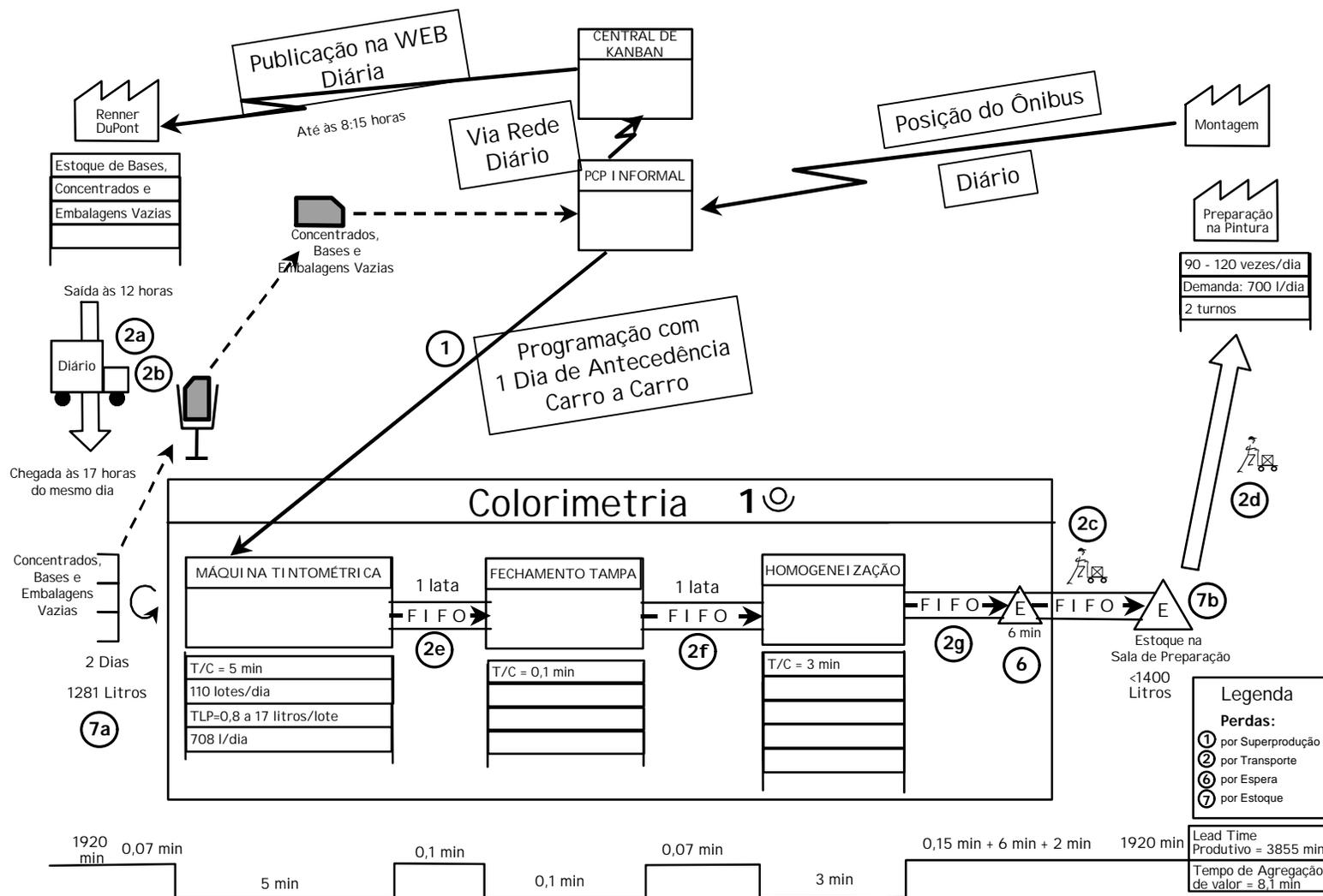


Figura 39 - Identificação das Perdas no Mapa do Estado Futuro

## ② Perda por Transporte

A perda por transporte é identificada no loop do fornecedor, do cliente e na colorimetria, nos seguintes pontos:

- (2a) No transporte de matérias-primas do fornecedor até a Marcopolo (9 horas);
- (2b) No transporte de embalagens vazias (distância percorrida de 84 centímetros);
- (2c) No transporte da tinta envasada da colorimetria até o estoque da sala de preparação (distância percorrida de 600 centímetros);
- (2d) No transporte do estoque da sala de preparação até o cliente (60 cm);
- (2e)(2f)(2g) No transporte dentro das operações de fabricação de tinta no setor de colorimetria, entre os quais, transporte da quantidade dosada para o fechador de tampas (154 cm) (2e), e após até o agitador (98 cm) (2f) e até a porta do setor (224 cm) (2g).

## ⑥ Perda por Espera

A perda por espera acontece quando o lote fica aguardando em torno de 6 minutos o transporte para o estoque da sala de preparação (6).

## ⑦ Perda por Estoque

A perda por estoque acontece pela manutenção de estoques:

- (7a) de matérias-primas: bases, concentrados e embalagens vazias;
- (7b) de estoque de produto na sala de preparação.

Quanto às matérias-primas, o estoque se deve à segurança, sendo justificado pela eliminação de possíveis atrasos de entrega, do tempo de entrega no mesmo dia e da falta de programação da produção.

Quanto aos estoques de produtos acabados, são gerados em função da produção antecipada (mínimo um dia antes da pintura do ônibus) para assegurar o fornecimento da tinta para a pintura.

### **3.5 COMPARAÇÃO DOS DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORES**

Comparando-se os dois sistemas de produção, representados pelos mapas do estado atual (sistema original) e estado futuro (novo sistema), percebe-se o efeito das atividades de *kaizen* focadas nas sete perdas, que foram reduzidas à partir das mudanças no *layout*, nos fluxos de material e de informação.

O *layout* do novo sistema produtivo de cores oferece muitos benefícios do que a forma original do sistema atual, tais como:

- Redução da distância total de movimentação do material, trazendo equipamentos mais próximos uns dos outros;
- Aumento da capacidade, fazendo uso efetivo do espaço disponível;
- O controle da produção fica mais fácil através da melhor visibilidade;
- Melhoria da rota do material e eliminação de obstrução dos corredores devido a provisão de espaço adequado para estoque;

- Melhores condições de trabalho resultante da melhor organização dos recursos.

Na Tabela 6 é apresentado a comparação dos dois sistemas de produção de cores. Verifica-se que o sistema produtivo novo apresentou várias melhorias de desempenho para o processo. Como por exemplo, o *lead time* produtivo foi reduzido em 53,6%, resultante da redução das perdas por espera, transporte, processamento e estoque, o que representa uma vantagem competitiva em atender mais rápido o cliente. Quanto à redução de 96,8% no tempo de agregação de valor, deve-se principalmente ao fato da introdução de uma nova tecnologia de produção de cores. Esta nova tecnologia permitiu que o tamanho de lote fosse reduzido em 95%, possibilitando a produção em pequenos lotes, aumentando a flexibilidade de produção e diminuindo significativamente o estoque de tinta. A existência deste estoque remanescente é uma decisão estratégica da empresa a fim de prevenir uma eventual variabilidade do sistema produtivo.

Cabe salientar que os quatro operadores reduzidos no setor de Colorimetria foram transferidos para executarem outras atividades dentro do setor de pintura. Os dois operadores remanescentes foram treinados para a execução de suas novas atividades. As melhorias obtidas no ambiente de trabalho do sistema produtivo novo proporcionaram um aumento da motivação e envolvimento dos operadores.

Tabela 6 - Comparação dos Dois Sistemas de Produção de Cores

<i>Loop</i>	Característica	Sistema Atual	Sistema Novo	Melhoria
<b>Geral</b>	<i>Lead time</i> produtivo	8.301 min	3.855 min	Redução de 53,6%
	Tempo de agregação de valor	257 min	8,1 min	Redução de 96,8%
	Perda por superprodução antecipada	7 dias	1 dia	Redução de 85,7%
	Tinta para	Frota inteira (12 carros <sup>19</sup> )	Um carro	Redução de 91,7%
<b>Cliente</b>	Estoque de tinta acabada	4.446 litros	<1400 litros	Redução de 68,5%
<b>Colorimetria</b>	Área	340,6 m <sup>2</sup>	95,6 m <sup>2</sup>	Redução de 72%
	Distâncias percorridas	2.117,1 m	12,2 m	Redução de 99,4%
	Número de operadores na Colorimetria	6	2	Redução de 67%
	Tamanho do lote	1 a 350 litros/lote	0,8 a 17 litros/lote	Redução de 95%
	Número de lotes/dia	12	110	Aumento de 816,7% Aumento de flexibilidade
	Número de atividades	28	13	Redução de 53,6%
	Turnos de funcionamento	1 + horas extras	2	Aumento de 1 turno Melhoria no atendimento
<b>Fornecedor</b>	Tempo no <i>Loop</i> Fornecedor	21 horas pede às 12:00 sai às 19:00 chega às 9:00 do dia seguinte	9 horas pede às 8:15 sai às 12:00 chega às 17:00 do mesmo dia	Redução de 57%

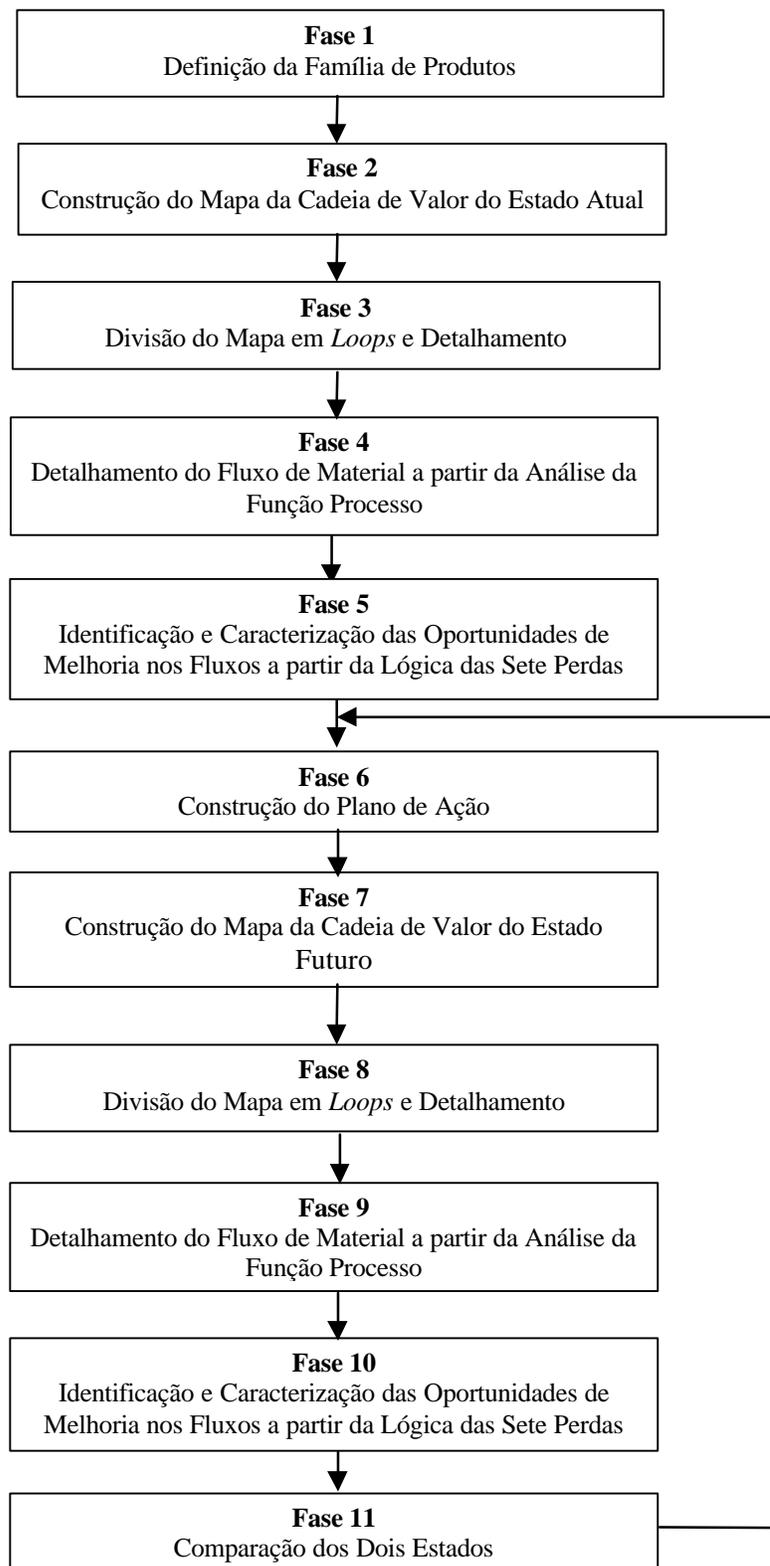
<sup>19</sup> Representa o tamanho médio de frota.

## **4 DISCUSSÃO SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA**

O estudo de caso desenvolvido no capítulo 3 permitiu a avaliação da aplicabilidade das duas ferramentas conjugadas e a consolidação da metodologia proposta que, neste capítulo, é apresentada passo a passo sob a forma de um fluxograma (ver Figura 40).

Primeiramente, na fase 1, foi definida a família de produtos a partir do lado do consumidor na cadeia de valor, baseando-se em produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam recursos comuns ao longo do processo de agregação de valor.

Após a definição da família de produtos, partiu-se para a fase 2, onde construiu-se o mapa da cadeia de valor do sistema produtivo atual (estado atual). Nesta etapa conseguiu-se a visualização geral de todo o sistema produtivo mostrando os fluxos de material e de informação. Esta visão, em um único mapa, leva a um entendimento da integração dos dois fluxos na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Este mapa possibilita descrever como o sistema produtivo opera, ajudando a enxergar o fluxo, e não somente a visualização dos processos individuais.



**Figura 40 - Estrutura da Metodologia Proposta**

A próxima etapa, fase 3, foi dividir o mapa do estado atual em três grandes *loops* (*loop* do cliente, *loop* da colorimetria e *loop* do fornecedor). Esta divisão teve como objetivo facilitar a visualização dos componentes do fluxo, que possibilitou o seu detalhamento didaticamente. Com isto, foi possível dividir os esforços de implantação do futuro estado em partes administráveis.

Após, na fase 4, foi realizado o detalhamento do fluxo de material a partir da análise da função processo. Utilizou-se dois instrumentos para este detalhamento, que foram o *layout* e a tabela de processo. No *layout* está representado o fluxo de material e na tabela de processo está representado quantitativamente os fenômenos do processo (processamento, transporte, inspeção e estoque).

A seguir, na fase 5, foi realizada a identificação e caracterização das oportunidades de melhoria nos fluxos a partir da lógica das sete perdas proposta por Ohno (1997). Destaca-se que as perdas foram localizadas ao longo da cadeia de valor permitindo que fosse possível apontar as suas principais causas.

A próxima etapa, fase 6, construiu-se o plano de ação para atuar nas oportunidades de melhorias evidenciadas anteriormente. Neste plano constava a necessidade de que o sistema produtivo deveria sofrer uma transformação radical e a necessidade de realizar melhorias contínuas no processo.

Na fase 7, construiu-se o mapa da cadeia de valor do estado futuro, o qual possibilitou enxergar o fluxo do novo estado. A meta é construir uma cadeia de produção onde os processos individuais sejam articulados aos clientes por meio de fluxo contínuo ou puxada, e

cada processo se aproxime o máximo possível de produzir apenas o que e quando os clientes precisam.

Na fase 8, dividiu-se o mapa nos mesmos três grandes *loops* do estado atual e foi detalhado as modificações realizadas. Da mesma forma que na fase 3, o objetivo é de facilitar a visualização dos componentes do fluxo, permitindo o seu detalhamento.

Após, na fase 9, foi realizado o detalhamento do fluxo de material a partir da análise da função processo. Utilizou-se o *layout* e a tabela de processo.

A seguir, fase 10, foi identificada e detalhada as perdas do novo sistema produtivo, utilizando o mapa do estado futuro. Da mesma forma que na fase 5, a identificação e a localização das perdas ao longo da cadeia de valor possibilitou apontar as suas principais causas.

Finalmente, na fase 11, comparou-se os dois sistema produtivos (estados atual e futuro) verificando os resultados das melhorias implementadas. Além da comparação visual entre os mapas dos estados atual e futuro, apresentou-se uma tabela comparativa condensando as melhorias obtidas.

Após a fase 11, recomenda-se voltar à fase 6, onde se constrói novamente um novo plano de ação, a fim de assegurar que o sistema não se deteriore através do tempo. Conforme Imai (1994) mesmo aponta, deve haver um esforço contínuo de melhoramento e quando não existe tal esforço, a degeneração é inevitável. Rother & Shook (1999), recomendam que, assim que o estado futuro torna-se realidade, o processo de mapeamento deve ser repetido para que haja melhoria contínua no nível da cadeia de valor. Assim sendo, é necessário que se

repita o processo para novamente obter um estado futuro, desencadeando a melhoria contínua do sistema produtivo, o qual foi chamado de *loop* da melhoria contínua.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 CONCLUSÕES DO TRABALHO**

Este trabalho propôs uma metodologia de análise de sistemas de produção baseada na utilização conjugada de duas ferramentas de diagnóstico: o mapeamento da cadeia de valor e o mecanismo da função produção.

O mapeamento da cadeia de valor é uma poderosa ferramenta que possibilita a visualização das oportunidades de melhoria num sistema produtivo, não obstante sua ainda limitada difusão no meio industrial. O mecanismo da função produção, por sua vez, apesar de originar-se em meados dos anos 50 a partir dos estudos de Shingo (Shingo, 1996a), é outra poderosa ferramenta de análise de sistemas produtivos pouco utilizada, especialmente no ocidente.

Ferramentas de diagnóstico e métodos de análise de sistemas produtivos têm, naturalmente, sua aplicação voltada à implementação de melhorias no sistema com vistas à otimização de seu desempenho. No entanto, é importante destacar que, via de regra, as “oportunidades” de melhoria revelam-se maiores do que os “recursos disponíveis” (capital, tecnologia, mão-de-obra e até mesmo tempo) para a implementação. Desta forma, a questão da “priorização” na implementação de melhorias reveste-se de especial importância.

A proposta de conjugação do “mapeamento da cadeia de valor” e da porção “análise da função processo” do mecanismo da função produção está perfeitamente sintonizada com a necessidade de priorização na implementação de melhorias, uma vez que propõe a identificação das perdas sob a ótica da função processo em detrimento da função operação. Conforme Shingo (1996a) mesmo defende, as principais melhorias estão necessariamente associadas ao processo, pois estes servem aos clientes (foco na cadeia de valor) enquanto as operações melhoram a eficiência das partes (otimização local). Com a incorporação da análise da função processo ao mapeamento da cadeia, propõe-se o que Shingo implicitamente advoga: a otimização do sistema a partir de ações que impactem diretamente sobre a cadeia de valor, reduzindo *lead time* de produção, reduzindo custo de manufatura e melhorando a qualidade do produto/serviço.

Conforme observado no estudo de caso, a aplicação da metodologia proposta proporcionou uma apresentação clara e objetiva das perdas presentes no sistema, resultando na implementação de melhorias nos fluxos de material e informação. A comparação dos estados atual e futuro permitiu apontar com precisão a dimensão e impacto das melhorias implementadas, como por exemplo, a redução do *lead time* (resultante da redução das perdas por espera, transporte, processamento e estoque), a redução do estoque de tinta (perda por estoque de produto acabado) e a redução das distâncias percorridas (perdas por transporte e perda por movimentação).

As melhorias implementadas no sistema produtivo proporcionaram um diferencial competitivo para a empresa, pois resultaram em desempenho superior nos quesitos qualidade, velocidade de resposta, confiabilidade, flexibilidade e custo de manufatura.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se incorporar a análise da função operação, como uma segunda fase do processo de identificação de oportunidades de melhorias.

Outra oportunidade interessante para estudos futuros seria o desenvolvimento de um *software* capaz de servir de plataforma para essa análise integrada, ou seja, uma ferramenta computacional através da qual o mapa da cadeia de valor, a representação do fluxo de material no *layout*, a tabela de processos e as sete perdas pudessem ser construídas seqüencial e integradamente.

Especificamente em relação à empresa que foi objeto do estudo de caso, seria recomendável ampliar a aplicação da metodologia a outras fases do seu processo produtivo, bem como em outras unidades fabris.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, J. A. V. **Sistema de Produção com Estoque Zero: o modelo japonês JIT/TQC.** Apostila Interna no Mestrado do PPGEP, UFRGS, Porto Alegre, 1994.
- ANTUNES, J. A. V. **Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero.** Tese (Doutorado em Administração) - Escola de Administração, UFRGS, Porto Alegre, 1999.
- BICHENO, J. **The Lean Toolbox.** 2ª ed. Buckingham: Picsie Books, 2000.
- BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro.** Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.
- BOCKERSTETTE, J. A.; MOURA, R. A. **Guia para Redução do Tempo de Ciclo.** São Paulo: IMAM, 1995.
- CABRAL, R. H. Q.; ANDRADE, R. S. Aplicabilidade do Pensamento Enxuto. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 1998. CD-ROM.
- CARVALHO, L. R. M. Custeando para Competir: custos em ambiente Just-in-Time. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: QUALIDADE E PRODUTIVIDADE: AVALIAÇÃO E CUSTEIO. **Anais...** Porto Alegre, 1993.
- CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. **Just in Time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico.** 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
- DOCUMENTO AUTODATA. Marcopolo 50 anos. [s.l.]: Autodata, n.12, p.222-236, ago. 1999.
- ESTEVES, G. AutoCad: uma ferramenta para apresentação de projetos. In: **Cads Bulletin,** Porto Alegre, v. 3, n. 4, p.1, set. 1999.

- FAZANO, C.A.V. **Tintas: métodos de controle de pinturas e superfícies**. São Paulo: Editora Hemus, 1995.
- GALSWORTH, G. D. **Visual Systems: harnessing the power of the visual workplace**. New York: Amacom, 1997.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just-in-time***. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.
- GHINATO, P. **Produção Enxuta I**. Apostila Interna no Mestrado do PPGEP, UFRGS, Porto Alegre, 1999.
- GHINATO, P. Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Almeida & Souza (Org.). **Produção e Competitividade: Aplicações & Inovações**. Pernambuco: Editora UFPE, 2000. p. 31-59.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre & Cardiff Business School, 2000.
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- IMAI, M. **Gemba Kaizen: estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica**. São Paulo: IMAM, 1997.
- IMAM. **Menos Perdas (Desperdícios), Maior Produtividade**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: IMAM, 1996.
- JACOBMEYER, S. K. **Implementing Flow Time Reduction Using Process Mapping and Innovation**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia Mecânica e Escola de Administração, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 1994.
- KAIRALLA, R. B.; PEREZ, W.; DEUTSCH, P. Pintura Automotiva. In: Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. São Paulo, ABRAFATI, 1993. V.2, p. 803-32.
- MARCOPOLO. **Marcopolo: meio século de uma história**. Caxias do Sul: Conceitual, 1999a.
- MARCOPOLO Passa no Exame. **Via Urbana**, São Paulo, p.4, set. 1999b.
- MARCOPOLO. **Relatório da Administração: segundo trimestre de 2000**. Caxias do Sul: Marcopolo, 2000. Disponível na Internet: <http://www.marcopolo.com.br/pt/ri/2t00/marcopolo.htm> em 28 out. 2000.
- MARTINS, V. **Dispersão de Pigmentos em Sistema Não-Aquosos: interações entre pigmento, resina e solvente**. Relatório Interno, Tintas Renner S.A., Gravataí, 1993.

- MEREDITH, J. R. Automating the Factory: theory versus practice. **International Journal of Production Research**, v. 25, p.1493-1509, 1987.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.
- MOURA, R. A. **Kanban: a simplicidade do controle de produção**. São Paulo: IMAM, 1989.
- MÜLLER, C. J. **A Evolução dos Sistemas de Manufatura e a Necessidade de Mudança nos Sistemas de Controle e Custeio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 1996.
- NOGUEIRA, M. A.; TOLEDO, J. C. Uma Abordagem para o Uso do FMEA. **Banas Qualidade**, [s.1.], Ano VIII, n.90, p.62-66, nov. 1999.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.
- PAIVA, E. L. As Decisões Estratégicas da Produção. In: Fensterseifer, J. E. **Estratégia de Produção**. Apostila Interna no Mestrado do PPGEP, UFRGS, Porto Alegre, 1999. V.1.
- RENNER DUPONT. **Manual da Qualidade Renner DuPont**. Gravataí, 1996.
- RENNER DUPONT. **Boletim Técnico Linha Renodur**. Gravataí, 1999.
- RENNER HERMANN. **Renner Hermann 70 Anos: nas cores, uma história**. São Paulo, 1997.
- RODRIGUES, J. N. **O Caça-Desperdícios Entra em Cena**. Disponível na Internet; <http://www.janelanaweb.com/manageme/kaizen.html> em 2000.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- SECCO. **Marcopolo Está Entre as 100 Melhores Empresas para Você Trabalhar**. São Paulo: Secco, 2000. Disponível na Internet: <http://www.secco.com.br/marcre26.htm> em 28 out. 2000.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996a.
- SHINGO, S. **O Sistemas de Produção com Estoque Zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996b.
- SILVEIRA, G. **Layout e Manufatura Celular**. Apostila Interna no Mestrado do PPGEP, UFRGS, Porto Alegre, 1998.
- SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura**. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

- SLACK, N.; CHAMBERS, S. ; HARLAND, C. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- SUZAKI, K. **Novos Desafios da Manufatura: técnicas para melhoria contínua**. São Paulo: IMAM, 1996.
- TAVEIRA, R. A. **Uma Metodologia para Aperfeiçoamento da Mudança para um Sistema de Produção Just-in-Time em uma Indústria Metalúrgica, usando simulação discreta e técnicas de projeto de experimentos de Taguchi**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 1997.
- TAYLOR, F. W. **Princípios da Administração Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 1992.
- WITHERS, S. **Lean Forum: Mapping Icons**. Disponível na Internet: <http://www.lean.org/community> em 1999.
- WOMACK, J. P. **The Product Family Matrix: homework before value stream mapping**. Disponível na Internet: [http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers\\_start.cfm](http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers_start.cfm) em 11 set. 2000.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Prefácio Original. In: Rother & Shook. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- WOMACK, J. P.; WITHERS, S. **How Can We Create a Lean Value Stream?** Disponível na Internet: [http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers\\_start.cfm](http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers_start.cfm) em 11 set. 2000a.
- WOMACK, J. P.; WITHERS, S. **Mapping Your Current State: information flow**. Disponível na Internet: [http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers\\_start.cfm](http://www.lean.org/Lean/Community/Resources/thinkers_start.cfm) em 11 set. 2000b.

## ANEXO - ÍCONES DO MAPA DA CADEIA DE VALOR

Os ícones e símbolos para mapear os estados atual e futuro estão divididos em três categorias: Fluxo de Material (Tabela 7), Fluxo de Informação (Tabela 8) e Ícones Gerais (Tabela 9).

**Tabela 7 - Ícones e Símbolos de Material (Adaptado de Rother & Shook, 1999)**

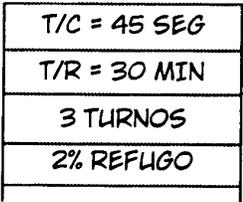
Ícones de Material	Representa	Notas
	Processo de produção	Uma caixa equivale a uma área do fluxo contínuo. Todos os processos devem ser rotulados. A caixa também é usada para departamentos como o controle de produção.
	Fontes externas	Usada para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção internos.
	Caixa de dados	Usada para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, etc.

Tabela 7 (Cont.) - Ícones e Símbolos de Material

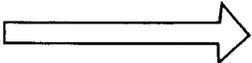
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Caminhão de entrega	Anotar a frequência das entregas.
	Movimento de materiais da produção empurrada	Identifica movimentos de material que são empurrados pelo produtor, não puxados pelo cliente (o processo seguinte).
	Movimento de produtos acabados para o cliente	Também mostra movimentos de matéria-prima e componentes do fornecedor se eles não são empurrados.
	Supermercado	
	Puxada física	Materiais puxados de um supermercado.
<p>max 20 peças</p> <hr/> <p><b>FIFO</b></p> <hr/>	Transferência de Quantidade controladas de material entre processos em uma sequência “primeiro a entrar— primeiro a sair”	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser indicada.

Tabela 8 - Ícones e Símbolos Gerais (Adaptado de Rother &amp; Shook, 1999)

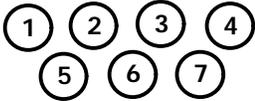
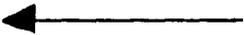
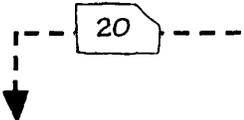
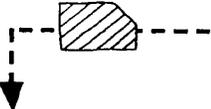
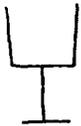
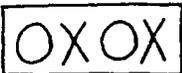
Ícones Gerais	Representa	Notas
	Necessidade de <i>kaizen</i>	Destaca as melhorias críticas necessárias em processos específicos. Pode ser usada para planejar os <i>workshop kaizen</i> .
	Perdas	Identifica as sete perdas.
	Estoque de segurança ou pulmão	“Pulmão ou estoque de segurança” deve ser anotado.
	Operador	Representa uma pessoa vista de cima.

Tabela 9 - Ícones e Símbolos de Informação (Adaptado de Rother &amp; Shook, 1999)

Ícones de Informação	Representa	Notas
	Fluxo de informação manual	Por exemplo: Programação da produção Programação da entrega
	Fluxo de informação eletrônica	Por exemplo via EDI <sup>20</sup>
	Informação	Descreve um fluxo de Informação.
	<i>Kanban</i> de produção (linhas pontilhadas indicam o fluxo do <i>kanban</i> )	Diz à um processo quanto do que pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.

<sup>20</sup> EDI - em inglês "Electronic Data Interchange" - Intercâmbio Eletrônico de Dados.

Tabela 9 (Cont.) - Ícones e Símbolos de Informação

	Kanban de retirada	Diz quanto do que pode ser retirado e dá permissão para fazê-lo.
	Kanban de sinalização	Kanban usado com processos em lote (ex.: estamperia) que sinaliza quando o ponto de fazer o pedido foi alcançado e um outro lote precisa ser produzido.
	Posto de <i>kanban</i>	Local onde o <i>kanban</i> é coletado e mantido para transferência.
	Nivelamento de carga	Ferramenta para nivelar o volume e mix de <i>kanbans</i> durante um período de tempo especificado.
	Bola para puxada sequenciada	Dá permissão para produzir uma quantidade e tipo pré-determinados.
	Programação da produção "vá ver"	Ajuste da programação com base na verificação dos níveis de estoque. Não é uma puxada verdadeira. Usado nos diagramas do estado atual.