

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**SILVIA REGINA DINIZ CARNEIRO LEÃO**

**AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS COM MAPEAMENTO  
DE FLUXO DE VALOR E APLICAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN*:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PRODUTOS DE HIGIENE.**

**RECIFE**

**2010**

**SILVIA REGINA DINIZ CARNEIRO LEÃO**

**AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS COM MAPEAMENTO  
DE FLUXO DE VALOR E APLICAÇÃO DO SISTEMA *KANBAN*:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PRODUTOS DE HIGIENE.**

Dissertação para obtenção de grau de Mestre;  
Universidade Federal de Pernambuco; Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos

Recife

2010

**L437a**      **Leão, Silvia Regina Diniz Carneiro.**

Avaliação dos processos produtivos com mapeamento de fluxo de valor e aplicação do sistema *kanban*: estudo de caso em uma empresa de produtos de higiene / Silvia Regina Diniz Carneiro Leão. - Recife: O Autor, 2010.

130 folhas., il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Inclui Referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Sistema de Produção. 3.Ferramentas de Gestão. 4.Mapeamento – Fluxo de Valor. 5.Sistema *kanban* I. Título.

**621 CDD (22. ed.)**

**UFPE**  
**BCTG/2010-170**

“AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS COM MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR E APLICAÇÃO DO SISTEMA KANBAN: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PRODUTOS DE HIGIENE”.

SILVIA REGINA DINIZ CARNEIRO LEÃO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA/CTG/EOP/UFPE

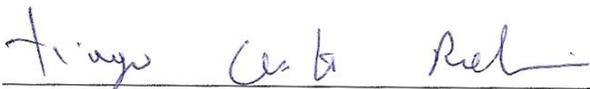
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MAURILIO JOSÉ DOS SANTOS  
ORIENTADOR/PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. SEVERINO LEOPOLDINO URTIGA FILHO  
COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MAURILIO JOSÉ DOS SANTOS (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. DARLAN KARLO ELISÁRIO DE CARVALHO (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. TIAGO LEITE ROLIM (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. COSMO SEVERIANO FILHO (UFPB)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os estudantes de mestrado que, responsáveis e preocupados com a qualidade do seu trabalho, sofreram diante das grandes mudanças, positivas ou negativas, que a vida pessoal não deixou de trazer durante o período de estudo e ainda assim conseguiram terminar o trabalho, vencendo mais este desafio. Dedico também aos professores amigos e aos orientadores que entendem a dificuldade de realização deste tipo de trabalho e sabem que é possível orientar, cobrar e ao mesmo tempo manter a humanidade na relação com seus alunos. Dedico aos meus alunos, que me ensinam muito nas nossas aulas e a cada pergunta que fazem. Dedico ao meu marido, aos familiares e amigos próximos que, mesmo sem fazer parte do mundo acadêmico e não saberem ao certo a dificuldade de realizar este trabalho, estão sempre por perto, pacientes e prontos para ajudar. Por fim, dedico ao meu pai, de quem herdei a veia acadêmica e o amor aos estudos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu marido, Victor, por toda a ajuda que me deu na realização deste trabalho e por ter estado por perto sempre que precisei, como toda a paciência que Deus lhe deu. A meu querido orientador Prof. Maurílio, por todo o apoio e compreensão que me ofereceu. À Profª Ana Rosa, por ter sido uma verdadeira amiga nos momentos mais difíceis dessa caminhada. À minha mãe, Vera, pelo apoio de sempre. À minha família, tios, primos. À minha sogra Vera. Aos amigos de sempre: Tuca, Pipo, Clarinha, Maria Alice, Antonino, Clarice, Danilo, Karla, Lica, Frieda, Aderson, Ronaldo, Gisellinha, Ingrid, Isabelle, Isabella e todos os outros. Aos amigos redescobertos: Shirley, Marcão, Gabriel, Renata M. e Brena. Aos amigos de estudo Natália, Manu, Juliana, Ana Emília, Nayara e Socorro. Aos alunos queridos. Aos professores e amigos Valdir Manso, Urtiga, Fabrício e Rogério. À empresa que me recebeu. Ao pessoal da fábrica em que realizei o estudo prático deste trabalho: Ismael, Luciano, Eduardo, Weldson, Cilas, Iranês, Zé e Leonardo.

Obrigada a todos por terem compartilhado comigo sua amizade, companhia e conhecimento.

*“Para que nosso desenvolvimento continue, precisamos nos tornar  
mais generosos, mais talentosos e mais criativos”.*

*Taiichi Ohno*

## RESUMO

As empresas utilizam diferentes sistemas de produção, tipos de processos produtivos e leiautes, mas todas estão sempre em busca de reduzir os custos. Para isso, utilizam muitas ferramentas de gestão, muitas delas de origem japonesas, como o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e o sistema *kanban*. Este trabalho tem o objetivo de descrever e classificar os sistemas de produção, os tipos de processos produtivos e de leiaute, apresentar a ferramenta MFV e o sistema *kanban* e, realizando um estudo de caso, apresentar a aplicação destas ferramentas na prática, de forma a facilitar a utilização das mesmas por gestores. O estudo apresenta uma fábrica com sistema tradicional de produção, um processo em lotes e um leiaute misto, englobando o leiaute funcional e células lineares e funcionais. Foram calculados, para a empresa estudada, um *lead time* de 68,59 dias, um tempo de processamento de 0,92 segundo, um *takt time* de 0,66 segundo e uma eficiência de fluxo de  $1,78 \times 10^{-5}\%$ . Com o desenvolvimento de um de fluxo de valor futuro, obteve-se a redução do *lead time* para 15,64 dias e o aumento da eficiência de fluxo para  $7,84 \times 10^{-5}\%$ , o que representa uma melhoria de 338%. O presente trabalho descreve a adaptação da teoria do sistema *kanban* à prática, apresentando o cálculo utilizado para definição do número de *kanbans* de produção, o *design* estabelecido para o cartão, a definição do quadro porta-*kanban* e o funcionamento do sistema. A pesquisa apresenta as dificuldades encontradas para a realização do MFV e do sistema *kanban*, pela escassez e dificuldade de levantamento dos dados de produção necessários e mostra a possibilidade de adaptação da teoria à prática, assim como a importância dos profissionais conhecerem as teorias das ferramentas de gestão para melhor aproveitarem o que elas têm a oferecer.

**Palavras-chave:** Sistemas de produção. Ferramentas de gestão. Tipos de processo. Leiaute. Mapeamento de fluxo de valor. *Lead time*. *Takt time*. Sistema *kanban*.

## ABSTRACT

Companies use different production systems, productive processes and layout types, but all of them are always searching for cost reduction. In order to achieve that, they use a lot of management tools, many of them from Japan, such as Value Stream Mapping (VSM) and *kanban* system. This study aims to describe and classify the production systems, production processes and layout types, to present VSM and *kanban* system, and, by performing a case study, to present the application of these tools, in order to facilitate the use of them from managers. It presents a factory that uses a traditional production system, a batch production process and a mixed layout, encompassing functional layout, linear cells and functional cells. A lead time of 68,59 days, a process time of 0,92 second, a takt time of 0,66 second and a value stream efficiency of  $1,78 \times 10^{-5}\%$  were calculated for the studied company. With the development of a future value stream, a reduction of the lead time to 15,64 days and the increase of value stream efficiency to  $7,84 \times 10^{-5}\%$  were achieved, which represents a improvement of 338%. The present study describes the adaptation of the *kanban* system theory to reality, presents the calculation used to define the amount of *kanban* cards, the *kanban* board design and the projected system functioning. The research presents the difficulties faced to apply the VSM and *kanban* system, due to the scarcity and hardness of obtaining needed production data and shows the possibility of adapting theory to reality, as well as the significance of professionals to know the management tools theory, in order to obtain all the benefits they can provide.

**Keywords:** Production systems. Management tools. Production process types. Layout. Value Stream Mapping. Lead time. Takt time. *Kanban* System.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Funcionamento da produção em um sistema em massa. Centros de trabalho isolados por estoque entre processos seguindo ordens de produção do PCP (fonte: autoria própria).....	24
Figura 2a. Representação do sistema de produção empurrado, em que o estoque produzido por uma etapa de produção é empurrado para o próximo centro de trabalho, ajudado pela força da gravidade (fonte: SLACK <i>et al</i> , 2002, p. 335).....	26
Figura 2b. Representação do sistema de produção puxado, em que o centro de trabalho posterior tem que puxar o produto da etapa anterior, não havendo a ajuda da força da gravidade (fonte: SLACK <i>et al</i> , 2002, p. 335).....	26
Figura 3. Funcionamento da produção em um sistema de produção enxuta, ou produção puxada. Centros de trabalho interdependentes fazem o pedido aos centros fornecedores que entregam o produto no momento em que são produzidos (fonte: autoria própria).....	28
Figura 4. Matriz produto-processo (adaptada de SLACK <i>et al</i> , 2009, p. 93 e JACOBS e CHASE, 2009, p. 97).....	33
Figura 5. Fábrica da Ferrari em Maranelo, na Itália, com jardim de inverno dentro da (fonte: FIAT CLUB, 2007).....	44
Figura 6. Correlacionamento entre tipos de processo e tipos de leiaute (adaptada de SLACK <i>et al</i> , 2009, p. 184).....	45
Figura 7. Esquematização do leiaute posicional (fonte: autoria própria).....	46
Figura 8. Esquematização do leiaute funcional (fonte: autoria própria).....	48
Figura 9. Esquematização do leiaute linear (fonte: autoria própria).....	51
Figura 10. Esquematização do leiaute celular (fonte: autoria própria).....	53
Figura 11. Esquematização do leiaute misto (adaptada de ULTIMATE FACTORIES, 2006).....	54
Figura 12a. Ícones do fluxo de material (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).....	54
Figura 12b. Ícones do fluxo de informações (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).....	57
Figura 12c. Ícones gerais (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).....	57
Figura 13. Exemplo de modelo de quadro-kanban proposto por Pace (adaptada de PACE, 2003, p. 17).....	66
Figura 14. Exemplo de modelo de quadro-kanban proposto por Tubino (adaptada de TUBINO, 1999, p. 94).....	67
Figura 15. Leiaute da fábrica estudada com destaque para o processo analisado (fonte: leiaute cedido pela fábrica e descrições dos equipamentos e trajetos acrescentados pela autora).....	80
Figura 16. Profissional da área <i>buffer</i> (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	81

Figura 17a. Centro de trabalho PI (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).....	81
Figura 17b. Centro de trabalho PI (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).....	81
Figura 18a. Centro de trabalho Processo (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).....	82
Figura 18b. Centro de trabalho Processo (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).....	82
Figura 19a. Centro de trabalho Envase: elevador de frascos (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	82
Figura 19b. Centro de trabalho Envase: posicionador dos frascos (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	83
Figura 19c. Centro de trabalho Envase: enchedora (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	83
Figura 19d. Centro de trabalho Envase: tampadora (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	83
Figura 19e. Centro de trabalho Envase: encaixotamento (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	84
Figura 19f. Centro de trabalho Envase: paletização (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	84
Figura 20. Centro de trabalho Expedição (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	84
Figura 21. Fluxograma do processo de produção (fonte: autoria própria).....	85
Figura 22. Mapa de fluxo de valor do estado atual (fonte: autoria própria).....	98
Figura 23. Mapa de fluxo de valor do estado futuro (fonte: autoria própria).....	99
Figura 24. Discussão da equipe sobre projeto <i>kanban</i> (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	107
Figura 25. Equipe montando quadro- <i>kanban</i> provisório (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	107
Figura 26. Equipe pintando o quadro- <i>kanban</i> provisório (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).....	107
Figura 27. <i>Design</i> do quadro- <i>kanban</i> (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	113
Figura 28. <i>Design</i> do cartão- <i>kanban</i> (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	114
Figura 29. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> - estado inicial (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	114
Figura 30. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 1 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	115
Figura 31. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 2 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	115

Figura 32. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 3 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	116
Figura 33. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 1b (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	116
Figura 34. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 2b (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	117
Figura 35. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 3b (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	117
Figura 36. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 1c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	118
Figura 37. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 2c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	118
Figura 38. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 3c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	119
Figura 39. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – carga retirada (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	119
Figura 40. Funcionamento do sistema <i>kanban</i> – passo 4 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	120
Figura 41. Funcionamento alternativo do sistema <i>kanban</i> – passo 1 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	121
Figura 42. Funcionamento alternativo do sistema <i>kanban</i> – passo 2 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	121
Figura 43. Funcionamento alternativo do sistema <i>kanban</i> – passo 3 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	122
Figura 44. Funcionamento alternativo do sistema <i>kanban</i> – passo 4 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).....	122

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Quantidade de itens por <i>container</i>
C	Número de cartões <i>kanban</i> no sistema
$C_f$	Custos fixos
CUC	Código da massa pronta após o Processo
$C_{\text{unitário}}$	Custo unitário
$C_v$	Custos variáveis
D	Demanda média diária do item
FIFO	<i>First In First Out</i> (Primeiro que entra, primeiro que sai)
L	Período do <i>container</i>
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
<i>mix</i>	Código referente às matérias-primas pesadas pelo PI
N	Número de cartões <i>kanban</i> no sistema
PCP	Planejamento e Controle da Produção
Q	Quantidade de itens por <i>container</i>
$Q_{\text{pf}}$	Quantidade de produtos fabricados
S	Fator de segurança
SAP	<i>Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i> ou Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
STP	Sistema Toyota de Produção
T/C	Tempo de Ciclo
$T_{\text{mov}}$	Tempo de movimentação
TPM	Manutenção Produtiva Total ou Total Perfeição da Manufatura
$T_{\text{prod}}$	Tempo de produção
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
U	Demanda média diária do item
VAR	Valor Agregado ao Processo
$\alpha$	Fator de segurança

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Importância do Trabalho – Justificativa</b> .....	17
<b>1.2 Objetivos do Trabalho</b> .....	18
1.2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	18
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	18
<b>1.3 Estrutura do Trabalho</b> .....	19
<b>1.4 Limitações do Trabalho</b> .....	19
<b>CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2.1 Sistema de produção artesanal</b> .....	20
<b>2.2 Sistema de produção em massa</b> .....	22
<b>2.3 Sistema de produção enxuta</b> .....	27
2.3.1 <i>As Sete Perdas</i> .....	29
<b>CAPÍTULO 3 – TIPOS DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO</b> .....	32
<b>3.1 Processo por Projeto</b> .....	34
<b>3.2 Processo por <i>Jobbing</i></b> .....	36
<b>3.3 Processo por Lotes</b> .....	37
<b>3.4 Processo em Massa</b> .....	40
<b>3.5 Processo Contínuo</b> .....	41
<b>CAPÍTULO 4 – LEIAUTES DE PLANTAS INDUSTRIAIS</b> .....	43
<b>4.1 Leiaute Posicional</b> .....	45
<b>4.2 Leiaute Funcional</b> .....	46
<b>4.3 Leiaute Linear</b> .....	49
<b>4.4 Leiaute Celular</b> .....	51
<b>4.4 Leiaute Misto</b> .....	53
<b>CAPÍTULO 5 – FLUXO DE VALOR</b> .....	55
<b>5.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)</b> .....	55
5.1.1 <i>Ícones usados pelo MFV</i> .....	56
5.1.2 <i>Dados da produção utilizados pelo MFV</i> .....	57
<b>CAPÍTULO 6 – KANBAN</b> .....	63
<b>6.1 Cartões <i>kanban</i></b> .....	63
<b>6.2 Quadro Porta-<i>kanban</i></b> .....	66
<b>6.3 Cálculo da quantidade de cartões</b> .....	68

<b>6.4 Sistema <i>kanban</i> com apenas um cartão.....</b>	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO 7 – METODOLOGIA .....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO 8 - ESTUDO DE CASO, RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>79</b>
<b>8.1 A empresa .....</b>	<b>79</b>
<b>8.2 Tipo de processo produtivo e leiaute da empresa em estudo .....</b>	<b>79</b>
8.2.1 <i>Tipo de processo .....</i>	85
8.2.2 <i>Tipo de leiaute .....</i>	86
<b>8.3 Mapeamento do fluxo de valor da empresa em estudo .....</b>	<b>86</b>
8.3.1 <i>Tempo de trabalho.....</i>	87
8.3.2 <i>Requisitos do cliente .....</i>	87
8.3.3 <i>Processos de produção .....</i>	89
8.3.4 <i>Informações dos processos .....</i>	89
8.3.5 <i>Fluxo de informação .....</i>	92
8.3.6 <i>Cálculo do Lead Time, do Tempo de Processamento e da Eficiência do Fluxo.....</i>	93
<b>8.4 Mapa de fluxo de valor do estado atual .....</b>	<b>98</b>
<b>8.5 Proposta do mapa de fluxo de valor futuro.....</b>	<b>99</b>
<b>8.6 Projeto do sistema <i>kanban</i> .....</b>	<b>101</b>
8.6.1 <i>Situação Problema.....</i>	101
8.6.2 <i>Planejamento do sistema <i>kanban</i> .....</i>	106
8.6.3 <i>O projeto do sistema <i>kanban</i> .....</i>	108
8.6.3.1 <i>Capacidade do <i>container</i>.....</i>	108
8.6.3.2 <i>Cálculo da quantidade de cartões <i>kanban</i> .....</i>	108
8.6.3.3 <i>Design do quadro-<i>kanban</i>.....</i>	112
8.6.3.4 <i>Design do cartão-<i>kanban</i>.....</i>	114
8.6.3.5 <i>Funcionamento do sistema <i>kanban</i>.....</i>	114
8.6.3.6 <i>Treinamentos .....</i>	123
8.6.3.7 <i>Implantação do sistema <i>kanban</i> .....</i>	124
<b>CAPÍTULO 9 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS..</b>	<b>125</b>
<b>9.1 Conclusões .....</b>	<b>125</b>
<b>9.2 Sugestões de trabalhos futuros .....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O mundo corporativo, atualmente, percebe que vive em uma crise ambiental e que o desperdício deve ser combatido por todos. Se antes, os países ricos não percebiam a necessidade de reduzir os desperdícios, há pouco tempo perceberam que poderiam obter lucro ao copiar a filosofia oriental nas suas fábricas e, hoje, um número cada vez maior de empresas ocidentais identifica a necessidade de reduzir o uso de recursos e eliminar os desperdícios para garantir não só o lucro (e sua permanência no mercado), como também, de forma mais contundente, o desenvolvimento sustentável que permitirá a existência das pessoas neste planeta.

A busca dos empresários e estudiosos sobre teorias que ajudem as empresas a se tornarem mais eficientes tem gerado uma grande quantidade de livros publicados sobre gestão.

Estudiosos de Administração da Produção afirmam que há três tipos de sistemas de produção: os sistemas artesanal, em massa e enxuto (WOMACK *et al*, 2004, p. 3). Todos são até hoje utilizados, de acordo com as necessidades e intenções das fábricas. Dentro dos sistemas de produção, os gestores podem ainda optar pelo tipo de processo produtivo e o leiaute que utilizarão nas suas fábricas.

O Sistema de Produção Enxuta tem sido o mais estudado, por focar em redução de utilização de recursos e de desperdícios. Ele foi desenvolvido no Japão para adaptar o sistema produtivo da Toyota à realidade do país, que exigia uma redução de desperdícios a fim de baixar os custos e permitir que os produtos fossem acessíveis à população (OHNO, 1997, p. 30 e p. 115).

Ainda que não tenha sido criado pensando na gestão ambiental, pode-se admitir que esta perspectiva estava incluída no Sistema Toyota de Produção (STP) por ele perseguir exaustivamente a eliminação dos desperdícios e desenvolver várias ferramentas de gestão com a intenção de aumentar a eficiência da fábrica. Dentro do rol de ferramentas e técnicas do STP, estão o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e o sistema *kanban*.

O MFV é utilizado para evidenciar todas as etapas percorridas pelo produto no seu processo de fabricação, desde a chegada das matérias-primas à fábrica até a saída do produto

acabado, e permitir a identificação das atividades que realmente agregam valor ao produto, assim como as falhas do processo, como atividades desnecessárias ou mal projetadas e os desperdícios. Partindo do mapa de fluxo de valor que retrate o estado atual, planeja-se um mapa do estado futuro, mais enxuto e eficiente (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 9).

A implantação desta ferramenta não é uma tarefa fácil. O MFV está começando a ser difundido em artigos científicos e dissertações, entre eles Ferreira (2004), Vieira (2006) e Zanchet *et al* (2007). Alguns relatos de caso prático são encontrados, mas é pequena a literatura que explique como aplicá-la. A maioria diz “o que” precisa ser feito, mas não “como”, e está fundamentada em apostilas de gestão das próprias empresas ou de consultorias. Esta situação dificulta o conhecimento da ferramenta.

O sistema *kanban* também é uma ferramenta do Sistema de Produção Enxuta. É um sistema de ordem e controle da produção que utiliza uma gestão visual da produção (DENNIS, 2008, p. 89). Este sistema é empregado para se obter uma solicitação e transferência eficiente de material entre etapas da fabricação, diminuindo tanto o estoque de matéria-prima, como o de produtos em processo e o de produto acabado. Em geral, pode ser uma solução apontada pelo MFV como forma de melhorar a eficiência do fluxo. Com ele, busca-se eliminar a produção de itens desnecessários, assim como garantir a produção de itens no momento em que serão necessários. Em outras palavras, a utilização do sistema *kanban* é uma forma de combater a superprodução (por quantidade ou antecipação), que é um dos principais desperdícios perseguidos pelo STP.

À medida que este trabalho procura gerar uma maior familiaridade com os temas pesquisados, envolvendo levantamentos bibliográficos, entrevista, análise de exemplos e trazendo pesquisas na literatura e estudo de caso, ele se configura como uma pesquisa exploratória (GIL, 1991, *apud* SILVA e MENEZES, 2001, p.21), que, dentro do escopo de uma dissertação, promove a sistematização do conhecimento (SALVADOR, 1978, *apud* SILVA e MENEZES, 2001, p.92).

O trabalho contribui com a descrição de como foi realizada a aplicação da MFV e a execução de um projeto *kanban*, apontando as dificuldades encontradas e as adaptações realizadas nas técnicas para sua adequação à realidade da fábrica. A pesquisa mostra que é possível aproveitar as duas ferramentas aplicando-as e adaptando-as de acordo com a realidade e particularidades de uma empresa, de forma a obter a buscada redução de desperdícios, e pretende incentivar a elaboração de um material teórico mais denso que torne a aplicação das ferramentas mais simples e os gestores mais seguros para adotá-las.

## 1.1 Importância do Trabalho – Justificativa

A identificação dos tipos de processos produtivos e dos leiautes de fábricas não é uma atividade fácil para gestores ou estudantes de administração de produção, apesar de ser a base do conhecimento do processo de fabricação. Ainda menos conhecida é a ferramenta enxuta Mapeamento de Fluxo de Valor, essencial para a identificação do fluxo de produtos e informação da produção, que permitirá a alteração da produção na busca de maior eficiência. O sistema *kanban*, apesar de ser um tema bastante presente nos estudos sobre produção e um importante método de melhoria de eficiência, ainda não é amplamente compreendido e aplicado.

A escolha do tema deste trabalho se deu por alguns motivos:

- a observação, durante as aulas ministradas sobre sistemas de produção, de que falta na literatura um material único, que junte várias características dos tipos de processos produtivos e dos leiautes, que facilite o entendimento e a capacidade de classificação dos mesmos não só pelo estudante que está tendo o primeiro contato com o tema, como pelos gestores, que muitas vezes não tiveram acesso à teoria antes de atuarem no mercado.
- a escassez de material na literatura que explique como aplicar a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor. As empresas começaram a implantar ferramentas de gestão do sistema enxuto para atacar problemas e desperdícios, mas não conhecem a ferramenta inicial, que serve para identificar onde estão as perdas e quais devem ser atacadas primeiro. A falta de conhecimento sobre o assunto faz com que gestores desperdicem recursos resolvendo problemas que não vão trazer o retorno esperado, pois a causa principal de uma perda pode estar em outro ponto, que passou despercebido. Este trabalho pretende contribuir com os pesquisadores que começaram a divulgar suas experiências com o tema e incentivar que mais trabalhos sejam publicados para que se forme um arcabouço de relatos práticos que permitam, espera-se que em um futuro próximo, a publicação de um material mais denso e abrangente sobre como aplicar esta ferramenta. Desta forma, esta pesquisa é uma contribuição inicial que certamente precisará ser complementada por outros trabalhos que venham a ser publicados.

- a dificuldade de adaptação da teoria encontrada na literatura sobre o sistema *kanban* à realidade das fábricas. Como é difícil que a prática se enquadre nos modelos descritos, os gestores podem não só não saber como montar o sistema *kanban* adequado, como também ter receio de fazê-lo. O trabalho apresenta em detalhes o desenvolvimento de um sistema *kanban* baseado na literatura, mas com adaptações às possibilidades da fábrica, descrevendo os cálculos utilizados, o quadro-*kanban* e o cartão-*kanban* criados e o funcionamento do sistema desenvolvido.

## 1.2 Objetivos do Trabalho

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral descrever a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor e o desenvolvimento de um projeto do sistema *kanban* em um processo produtivo, inserido em uma descrição dos tipos de sistemas produtivos, tipos de processos e leiautes, para facilitar a aplicação das duas técnicas por gestores de organizações.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De forma a alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, a saber:

- Apresentar os sistemas de produção
- Caracterizar os tipos de processos produtivos e contextualizar o estudo de caso
- Identificar os tipos de leiautes de plantas industriais e classificar o estudo de caso
- Descrever a aplicação do mapeamento do fluxo de valor no estudo de caso
- Apresentar a aplicação do sistema *kanban* no estudo de caso
- Descrever, de forma geral, a realização do estudo de caso

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

O capítulo 1 apresenta a Introdução. O capítulo 2 aborda os sistemas de produção definindo-os e caracterizando-os; o capítulo 3 apresenta os tipos de processos produtivos comumente utilizados, definindo-os e exemplificando-os; o capítulo 4 apresenta os tipos de leiaute utilizados e suas relações com os processos produtivos; o capítulo 5 descreve a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor e, por fim, o capítulo 6 apresenta o sistema *kanban*. O capítulo 7 apresenta a metodologia. O capítulo 8 apresenta o resultado encontrado com a pesquisa associado ao estudo de caso em uma fábrica de produtos de higiene, assim como a discussão. O capítulo 9 traz as conclusões obtidas com a realização deste estudo e as sugestões de trabalhos futuros. Por fim, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas para fundamentar a teoria necessária para a elaboração deste trabalho.

### **1.4 Limitações do Trabalho**

Este trabalho poderia ter agregado mais informações se tivesse sido possível uma inserção maior na empresa para melhor observação do processo, o que teria permitido a obtenção de dados mais precisos como de tempo de *set-up*, a geração de uma análise histórica de tempo de processo e um maior aprofundamento no levantamento do fluxo de valor pesquisado. Também teria sido enriquecedora a comparação da aplicação da MFV, e das dificuldades encontradas, nesta empresa e em outra semelhante. Teria sido importante que a empresa onde ocorreu o caso prático tivesse mantido a programação de implantação do projeto do sistema *kanban* desenvolvido, o que teria permitido a análise do funcionamento.

## **CAPÍTULO 2 – SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Existem três tipos de sistemas de produção desenvolvidos pelo homem: artesanal, em massa e enxuto (WOMACK *et al*, 2004, p.3). Cada um deles foi desenvolvido para atender às necessidades do mercado de sua época, sob as suas condições de produção. Apesar de criados em épocas e locais diferentes, até hoje todos eles são utilizados por todo o mundo e pelas mais diferentes empresas.

Conhecer as características de cada um ajudará os gestores a situar as empresas que gerenciam nessas categorias e perceber o que pode ser alterado para obter as vantagens de um ou de outro sistema.

Todos os sistemas de produção apresentam vantagens e desvantagens e a escolha de utilização de um e de outro continua associada à necessidade do público-alvo da empresa e à capacidade de sua produção. O que se observa é uma tentativa de adequar o sistema produtivo à empresa, de forma a aproveitar os benefícios de um ou de outro sistema de produção, e consequentemente diminuir as suas desvantagens. Para isso, é essencial que o profissional da área de produção esteja familiarizado com os três sistemas de produção, de modo que consiga perceber o que de melhor pode aproveitar de cada um para a gestão da produção de sua fábrica, especificamente.

### **2.1 Sistema de produção artesanal**

O artesanato foi o primeiro sistema de produção criado pelo homem, tendo surgido na Idade Média. Naquela época, tinha como principal característica o caráter familiar de produção independente. Além de possuir todos os recursos de produção, o artesão realizava todas as etapas do processo de transformação. Algumas vezes tinha a ajuda de um aprendiz, mas não havia divisão de tarefas e menos ainda especialização: era o artesão quem efetivamente fabricava o produto (CHIAVENATO, 2009, p.44).

Os artesãos fabricavam produtos sob encomenda, segundo as especificações do cliente, ou produziam peças de arte e as levavam ao comércio (CHIAVENATO, 2009, p.45). Fica evidente a característica deste sistema de produção de fabricar um baixo volume de produtos associado a uma alta variedade.

No final da Idade Média, a produção artesanal começou a sofrer modificações, com os artesãos contratando outros artesãos, para ajudá-los na fabricação de seus produtos, e comerciantes, para vendê-los (CHIAVENATO, 2009, p.45), de forma que gradativamente, passou a perder as características de produção familiar e de fabricação de todas as etapas pelo mesmo artesão. Apesar destas mudanças ao longo da História, ainda hoje existe o sistema de produção artesanal, que fabrica desde objetos de arte até carros luxuosos. O estilo do sistema de produção artesanal industrial dos dias atuais, no entanto, não se diferencia dos outros sistemas de produção por um caráter familiar, como acontecia antigamente.

A indústria que utiliza esse sistema de produção contrata trabalhadores altamente qualificados que produzem um item de cada vez. As ferramentas destas fábricas são altamente flexíveis, no sentido de serem apropriadas para a fabricação de uma diversidade de produtos (WOMACK *et al*, 2004, p. 3).

Esta característica de alta variedade é a grande vantagem deste sistema produtivo, enquanto que o custo unitário elevado é a sua pior fraqueza.

O início da indústria automotiva foi marcado por este sistema de produção. Naquela época, não era possível fabricar dois carros iguais, tanto pela falta de um sistema único de metrologia como pela falta de tecnologia para trabalhar o aço de alta dureza (WOMACK *et al*, 2004, p. 10).

Algumas fábricas de automóveis continuam utilizando este processo, tendo como público-alvo pessoas de alto poder aquisitivo que prezam pela individualidade e alta qualidade de seus bens.

Outras indústrias também utilizam este processo, pois apesar do alto custo associado, é ainda a melhor forma de fabricar produtos que não têm uma alta demanda de mercado e que precisam ser altamente personalizados, como é o caso dos satélites e ônibus espaciais (WOMACK *et al*, 2004, p. 14).

## 2.2 Sistema de produção em massa

Ao final da Idade Média, o sistema artesanal passou por mudanças. À medida que o consumo crescia, o artesão passou a contratar outros artesãos para ajudá-lo na produção, assim como comerciantes para comprar matérias-primas para eles e para vender seus produtos no mercado (CHIAVENATO, 2009, p.45).

O sistema artesanal foi se alterando de modo que, aos poucos, os comerciantes, acumulando riquezas, passaram a ser os donos dos negócios, contratando artesãos para produzirem o que eles mandavam, no ritmo imposto por eles. Começam a surgir os capitalistas, que passaram a promover a divisão de tarefas e a especialidade dos trabalhadores, obtendo, com isso, um aumento significativo de produtividade (CHIAVENATO, 2009, p.46).

Como visto anteriormente, a indústria automotiva utilizou o sistema artesanal quando nasceu. No entanto, à medida que o mercado mudava, houve a necessidade de um novo sistema de produção capaz de fornecer produtos iguais, mais rapidamente e com custo mais baixo. Neste momento, Ford, que fabricava carros artesanalmente como qualquer produtor da época, desenvolveu novas técnicas que o permitiram alcançar estes objetivos.

Ford desenvolveu a produção em massa, cujos pilares são a completa intercambialidade de peças (por exemplo, uma peça usada em uma máquina poderia ser usada em outra máquina sem precisar ser alterada) e a facilidade de ajuste das peças entre si (as peças podiam ser fixadas uma na outra sem necessidade de alteração das mesmas). Estes pilares tornaram possível o desenvolvimento da linha de montagem, ícone deste sistema de produção (WOMACK *et al*, 2004, p. 14). Como estará apresentado a seguir, estas características (intercambialidade e facilidade de ajustes das peças) também são encontradas no sistema de produção enxuto.

É preciso ressaltar que o “sistema de produção em massa” não é o mesmo que o “tipo de processo em massa”. Dentro de um sistema de produção em massa é possível adotar o tipo de processo em massa, em lotes ou ainda o processo contínuo. Os tipos de processos estão apresentados no capítulo 4. O sistema de produção em massa é mais amplo que o tipo de processo.

Por ter sido amplamente difundido e utilizado até os dias atuais pela maioria das empresas, o sistema de produção em massa é comumente chamado de “sistema tradicional”.

Dito isto, é importante salientar algumas características do sistema de produção em massa que servem para contrastá-lo com o sistema de produção enxuto, e que está explicado no próximo tópico.

O sistema de produção em massa se baseia na economia de escala. Isso significa que este sistema busca reduzir o custo unitário do produto fabricando uma grande quantidade de produtos. De forma simples, o custo unitário é obtido pela equação 1, abaixo:

$$C_{\text{unitário}} = \frac{C_f + C_v}{Q_{\text{pf}}} \quad (1)$$

Em que

$C_f$  = custos fixos;

$C_v$  = custos variáveis: aumentam proporcionalmente à quantidade  $Q_{\text{pf}}$ ;

$Q_{\text{pf}}$  = quantidade de produtos fabricados.

Matematicamente, aumentando-se o  $Q_{\text{pf}}$ , o  $C_{\text{unitário}}$  diminui. Isso acontece porque os custos fixos são diluídos por todos os produtos fabricados.

Aliado à economia de escala, a produção do sistema em massa, de forma geral<sup>1</sup>, trabalha com base em ordens de produção expedidas pelo departamento de Planejamento e Controle de Produção (PCP). É o PCP que planeja o que vai ser produzido pelas várias etapas produtivas para se obter a quantidade de produtos que se espera vender. Essa quantidade é estipulada com base em previsão de demanda.

Com esse sistema, a etapa produtiva precedente (ou o centro fornecedor) não tem conhecimento do produto que a etapa seguinte (ou o centro consumidor) vai precisar, nem quando, uma vez que não há comunicação entre elas. Cada etapa do processo produtivo segue a sua ordem de produção e os produtos que fabrica são levados para a área de estoque entre processos. A etapa posterior, seguindo a ordem de produção que lhe foi passada pelo PCP, vai até o estoque retirar a matéria-prima de que precisa (fabricada pela etapa precedente, o seu

---

<sup>1</sup> O cuidado de acrescentar “de forma geral” se deve ao fato de que algumas fábricas que adotam algumas características da produção enxuta podem desmembrar este departamento ou utilizar sistemas de planejamento e controle mistos, que se encontram em alguma região entre o formato utilizado pelo sistema em massa e o utilizado pelo sistema enxuto.

centro fornecedor) e então fabrica o seu produto, levando-o à área de estoque entre processos. A etapa de fabricação seguinte a ela, por sua vez, vai à área de estoque retirar o que é a sua matéria-prima para fazer o seu trabalho. Na prática, há os profissionais movimentadores que retiram as matérias-primas do estoque e as levam para cada centro de trabalho.

Seguindo este modelo, pode-se visualizar com a ajuda da figura 1, abaixo, que as áreas de produção de um sistema em massa são isoladas por estoques, pois não há comunicação entre elas (SLACK *et al*, 2009, p. 452).

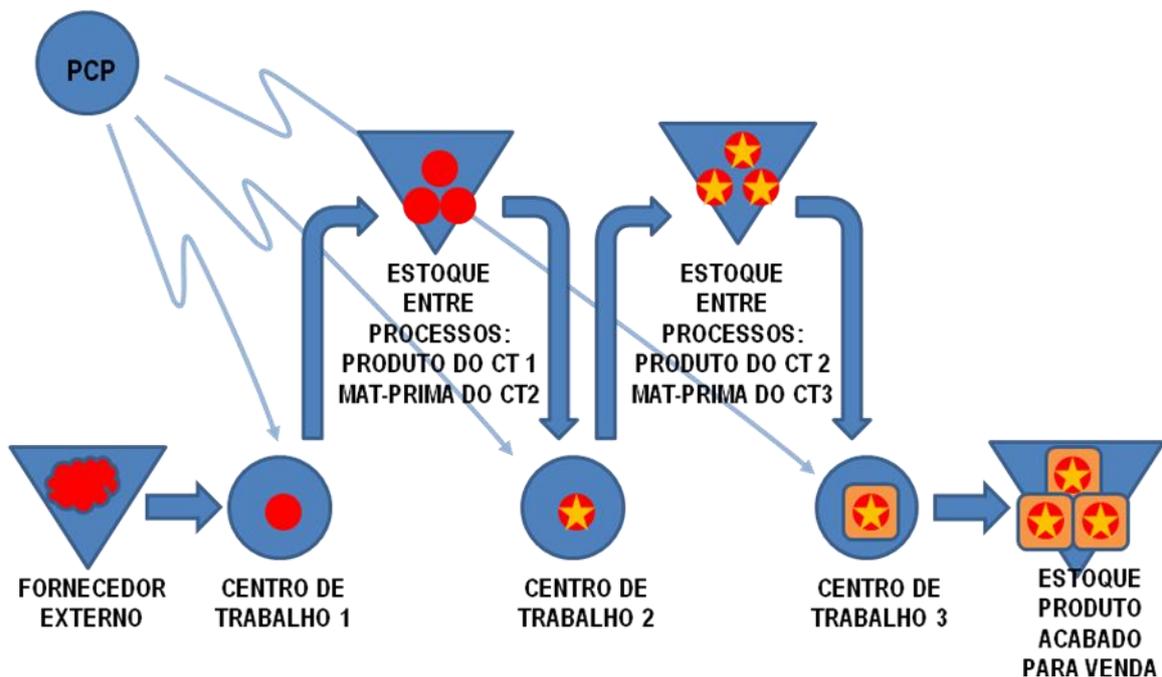


Figura 1. Funcionamento da produção em um sistema em massa. Centros de trabalho isolados por estoque entre processos seguindo ordens de produção do PCP (fonte: autoria própria).

Embora já se saiba que estoque representa custo por diversos motivos (que serão mencionados a seguir), os produtores em massa o utilizam propositalmente, pelo uso de grandes lotes de produção (economia de escala) e para manter a produção. O raciocínio deste sistema é que o estoque é uma proteção física da produção (SLACK *et al*, 2009, p.358), uma vez que permite que o sistema como um todo continue funcionando, mesmo que uma das etapas tenha parado de produzir. Se houver um estoque entre processos, caso haja algum problema e um centro de trabalho pare de produzir, a etapa posterior continua abastecida de matéria-prima e continua a sua produção, sem nem mesmo tomar conhecimento de que a etapa anterior está parada. As etapas são independentes (SLACK *et al*, 2009, p. 452). O volume de estoque entre processos vai dizer o tempo em que o sistema continuará funcionando enquanto o problema com a etapa que está parada está sendo resolvido.

Os produtores que trabalham com o sistema em massa utilizam a teoria do lote econômico de compra e de produção para definir o tamanho do lote de matéria-prima que devem comprar e de produtos que devem fabricar. Quanto menor o lote produzido por uma etapa, menor será o estoque entre processo formado por ela, e menor o custo com estoque, no entanto, menor também será a proteção da produção e a economia de escala.

Outra questão de grande importância para a produção e para a definição do lote produzido é a quantidade e o tempo de *set-ups*<sup>2</sup>.

A produção de um sistema em massa busca usar os maiores lotes possíveis, a maior quantidade de estoque possível e a maior proteção à produção possível, ao mesmo tempo em que buscam o menor número de parada para *set-ups* possível, estando todos estes fatores relacionados entre si.

Quanto menor a quantidade de *set-ups*, maior disponibilidade de máquina e maior a possibilidade de produção. À medida que se reduz o tamanho do lote na busca de um lote econômico, obviamente aumenta-se a quantidade de *set-ups*.

O conceito de produção em massa surgiu com Ford, que tinha uma linha de montagem que produzia apenas o modelo T (as suas variações não interferiam na produção da linha) e, com isso, garantia uma alta produção com baixo custo unitário. Então, passar a inserir muitos *set-ups* na produção vai de encontro à filosofia do sistema em massa.

Muitos produtores em massa percebem as vantagens de reduzir o tamanho do lote e se deparam, então, com a necessidade de redução do tempo de *set-up*. Já que vão existir muitos *set-ups*, o tempo de duração dos mesmos tem que ser reduzido, ou seria inviável. Para isso, estas empresas utilizam uma importante ferramenta desenvolvida pelo Sistema Toyota de Produção (STP): a Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Este é um dos muitos exemplos, e um dos mais fortes, da utilização pelo sistema de produção em massa de ferramentas de gestão criadas pelo sistema de produção enxuto para obter a redução de utilização de recursos e eliminar desperdícios.

A TRF tem sido usada também por fábricas que adotam o sistema em massa para reduzir o tempo de máquina parada para manutenção, com a intenção de aumentar ainda mais a disponibilidade do equipamento (LEÃO, 2006, p.9; LEÃO e SANTOS, 2009).

---

<sup>2</sup> Tempo de *set-up* é o tempo de máquina inativa com o objetivo de prepará-la para produzir um tipo de produto diferente do que ela estava produzindo. Este tempo vai desde a parada da máquina até ela voltar a produzir no ritmo normal, ou seja, o *start-up* (etapa em que, com a máquina funcionando, são feitos ajustes até que ela entre no ritmo de produção esperado) faz parte do *set-up*.

Tendo visto o funcionamento do sistema de produção em massa, fica fácil entender porque ele também é chamado de sistema de produção empurrada, numa tentativa de torná-lo oposto ao sistema de produção puxada, como é conhecido o STP. As figuras 2a e 2b, a seguir, ilustram o sistema empurrado em comparação ao sistema puxado, que está explicado em seguida.

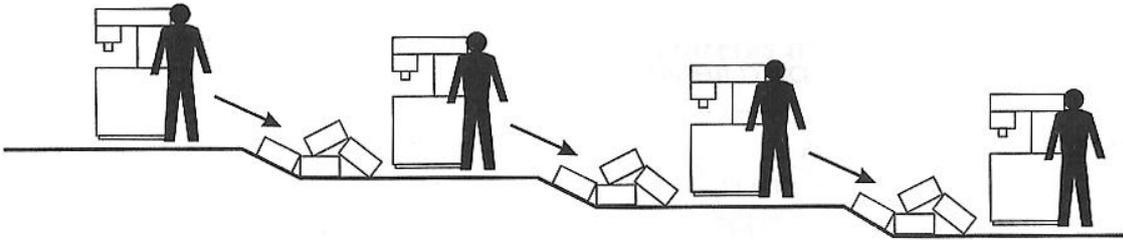


Figura 2a. Representação do sistema de produção empurrado, em que o estoque produzido por uma etapa de produção é empurrado para o próximo centro de trabalho, ajudado pela força da gravidade (fonte: Slack *et al*, 2002, p. 335).

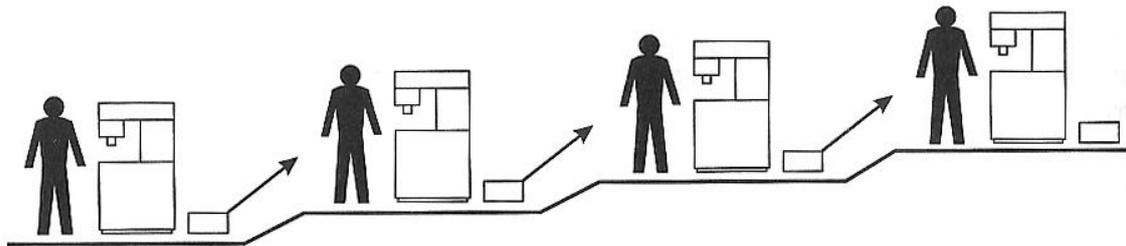


Figura 2b. Representação do sistema de produção puxado, em que o centro de trabalho posterior tem que puxar o produto da etapa anterior, não havendo a ajuda da força da gravidade (fonte: Slack *et al*, 2002, p. 335).

### 2.3 Sistema de produção enxuta

O sistema de produção enxuta foi desenvolvido pela *Toyota Motor Company*, motivo pelo qual é conhecido por Sistema Toyota de Produção (STP). “O Sistema Toyota de Produção, com seus dois pilares defendendo a absoluta eliminação do desperdício, surgiu no Japão por necessidade” (OHNO, 1997, p. 30). Ohno se refere aos pilares do *just-in-time* e da autonomia (ou *jidoka*), apresentados a seguir. Este sistema foi desenvolvido no final da segunda guerra, no Japão derrotado.

Ohno, que começou como técnico e se tornou vice-presidente de manufatura da Toyota, na época, percebeu que o mercado consumidor japonês era diferente do mercado americano. “Sempre mantive em mente o mercado japonês e suas exigências para muitos tipos de carros em pequenas quantidades – diferente da demanda americana por poucos tipos em grandes quantidades” (OHNO, 1997, p. 115). Ohno precisava produzir com grande variedade e apenas na quantidade certa, abrindo mão da “economia de escala”, até então utilizada por todos os produtores de automóveis, e ainda assim baixar o custo unitário, já que seus consumidores não tinham muito capital disponível. Para tanto, o sistema de produção teve que ser o mais “enxuto” possível. A redução de custo se tornou uma obsessão para o desenvolvimento do STP. O *just-in-time* e o *jidoka* deram a sustentação ao sistema.

O *just-in-time* é a forma de trabalho em que os produtos começam a ser fabricados apenas no momento suficiente para que fiquem prontos no tempo em que serão necessários, assim como só é produzida a quantidade necessária de produtos, evitando estoques (GHINATO, 2000, p. 7; SLACK *et al*, 2009, p.452). Numa tradução livre, seria algo como “apenas-no-momento”.

Fazendo um paralelo com a figura 1, que ilustrou o sistema tradicional em massa, mostrada anteriormente, a figura 3, a seguir, mostra o funcionamento do *just-in-time* extremo, com os clientes indo até os seus fornecedores puxar o material de que precisam e que são entregues assim que são produzidos. Na prática, pode haver supermercados e lotes de produção dentro deste sistema de produção, o que está apresentado nos capítulos 5 e 6 deste trabalho.



Figura 3. Funcionamento da produção em um sistema de produção enxuta, ou produção puxada. Centros de trabalho interdependentes fazem o pedido aos centros fornecedores que entregam o produto no momento em que são produzidos (fonte: autoria própria).

O *just-in-time* é uma forma muito eficiente de eliminar estoque e superprodução<sup>3</sup>. Para que o *just-in-time* aconteça, é preciso mudar a forma de comunicação sobre quantas peças devem ser produzidas e quando, afim de que fiquem prontas “apenas-no-momento” e na quantidade certa. Ohno pensou, então, em um fluxo de transferência de sentido inverso ao tradicional. Ao invés das peças serem produzidas e passadas adiante na direção da última etapa, ele imaginou que a última etapa deveria se dirigir à etapa antecedente (ou seja, ao seu fornecedor interno) e retirar as peças de que precisaria, na quantidade e momento certos. A etapa anterior teria, então, que produzir peças para substituírem as que fossem retiradas.

A forma de comunicação utilizada entre as etapas para que as peças corretas sejam produzidas na quantidade e no momento corretos é o *kanban*. “O método *kanban* é o meio pelo qual o Sistema Toyota de Produção flui suavemente” (OHNO, 1997, p. 27). Como é de se esperar, implantar o *kanban* não é uma tarefa fácil (este método está apresentado nos capítulos 6 e 8).

O *jidoka*, o segundo pilar de sustentação do Sistema Toyota de Produção, é a “autonomação”, ou a “automação com toque humano” (OHNO, 1997, p.25). É a autonomia dada à máquina (automação) para que ela pare a produção quando a quantidade pretendida for produzida, assim como se um defeito de qualidade for percebido. De forma complementar, é dado ao operador a autonomia de parar a produção quando a quantidade pretendida for

<sup>3</sup> Superprodução é um dos sete grandes desperdícios perseguidos pelo STP. Significa a produção de um produto, ainda que apenas um, além da quantidade necessária ou antes do momento necessário. As sete perdas serão descritas no item 2.3.1, a seguir.

alcançada ou quando perceber um defeito de qualidade. A automação também combate a superprodução, assim como a perda por produtos defeituosos<sup>4</sup>.

Pelo exposto, entende-se porque o STP é também conhecido por Sistema de Produção Enxuta e também como Sistema de Produção Puxada.

### 2.3.1 As Sete Perdas

Ohno (1997, p.39) elencou sete desperdícios cuja identificação considera de absoluta importância para uma fábrica que pretenda aplicar o Sistema Toyota de Produção.

Conhecer as sete perdas ajuda os gestores a identificá-las dentro da realidade de suas fábricas e a partir daí, utilizar ferramentas de gestão, ou adaptá-las, para tentar eliminar ou diminuir os desperdícios.

As sete perdas definidas por Ohno (1997, p.39) são:

- I. Superprodução: esta perda está relacionada à fabricação de produtos numa quantidade acima da estabelecida (necessária) ou à fabricação antes do momento necessário. A superprodução por quantidade está totalmente eliminada na Toyota e a superprodução por antecipação é a mais perseguida (GHINATO, 2000, p.3).
- II. Tempo de espera: o desperdício por espera pode ser visto em três ocasiões distintas. Em todas elas, ocorre um período de tempo em que nenhum processamento, transporte ou inspeção acontece. A perda por tempo de espera “no processo” ocorre quando todo um lote espera que outro lote seja trabalhado para poder ser processado; a perda por tempo de espera “do lote” é o tempo que uma peça do lote espera até que todo o lote termine de ser processado e ela siga com o restante das peças do lote à próxima etapa; e a perda por tempo de espera “do operador” ocorre quando ele precisa ficar parado junto à máquina

---

<sup>4</sup> “Produtos defeituosos” se refere a produtos fora das especificações de qualidade, outro dos sete desperdícios perseguidos pelo STP, que serão explicado no item 2.3.1.

apenas monitorando o processo ou aguardando uma operação terminar de ser realizada para que ele possa atuar (GHINATO, 2000, p.3 e p.4).

- III. Transporte: se refere ao transporte do produto, inclusive entre processos. Esta atividade não agrega valor ao produto, por isso é encarada como desperdício. O estabelecimento de um bom leiaute tem grande influência na eliminação ou redução deste desperdício. Ghinato (2000, p.4) observa que o transporte ocupa, em geral, 45% do tempo de preparação de um item, sendo a sua eliminação uma grande oportunidade de redução de custo.
- IV. Processamento em si: este desperdício é referente a etapas do processamento que poderiam ser eliminadas sem alterar as características do produto ou ainda quando o desempenho do processo está abaixo do desempenho para o qual foi projetado, como velocidade da máquina inferior ao planejado (GHINATO, 2000, p. 4).
- V. Estoque: se refere tanto a estoque de matéria-prima vinda do fornecedor, quanto a estoque de produtos dentro do processo, como também a estoque de produto acabado. O desperdício gerado pelo estoque está ligado a diversos outros desperdícios. A sua própria existência deixa clara a ocorrência de superprodução; os produtos em estoque ficam parados esperando para serem processados, transportados ou, em alguns casos, inspecionados, levando à perda por tempo de espera; estes produtos têm que ser transportados, além de armazenados (custo de ter um local disponível para isso) e controlados por funcionários que poderiam ser aproveitados para atividades que agregassem valor. Por fim, o estoque é capital preso que poderia ter sido usado para fabricar um produto vendido, como capital de giro ou como qualquer outra forma de investimento.
- VI. Movimento: este desperdício está relacionado apenas à movimentação dos operadores, diferentemente do desperdício de transporte, que se refere a produtos. Tanto se refere a pequenos movimentos, ou seja, movimentos de braços, tronco e pescoço, como ao deslocamento ao longo da produção. Os pequenos movimentos podem ser diminuídos utilizando os princípios de tempos e movimentos desenvolvidos pelo casal Gilbreth, na Administração Científica, normalmente utilizados hoje pela engenharia de métodos, como a disposição de equipamentos, altura de botões, posição de mesas etc. A adoção

de um melhor leiaute, por sua vez, ajuda a reduzir o desperdício de deslocamento pela fábrica.

- VII. Fabricação de produtos defeituosos: a fabricação de produtos fora das especificações de qualidade é uma perda que, como o estoque, está relacionada a muitas outras, pois, a princípio, indica que a automação não está eficiente. Além disso, traz junto com ela a necessidade de retrabalho, de descarte e ainda, se a fábrica admite a possibilidade de produção freqüente de produtos defeituosos, a disponibilização de um espaço específico para produtos descartados. Esforço humano, disponibilidade de máquina, matéria-prima, energia, espaço são alguns dos recursos desperdiçados ao se fabricar um produto defeituoso, além da instabilidade gerada ao fluxo de produção. Em um sistema em massa, o estoque pode manter a produção funcionando mesmo com todos estes desperdícios, mas em um sistema que trabalha *just-in-time*, com peças produzidas na quantidade certa e no tempo certo, fabricar produtos defeituosos traz muito mais problemas do que pode parecer.

### CAPÍTULO 3 – TIPOS DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Este é um tema importante para os gestores, pois a definição do tipo de processo trará, atrelada a ela, as vantagens e desvantagens daquele processo, assim como as necessidades de personalização do processo produtivo para atender às expectativas dos seus clientes, na busca de apropriar-se de vantagens de outros tipos de processos e de reduzir as próprias desvantagens. Com isso, é importante que se conheça bem as características e implicações de cada tipo de processo.

O tipo de processo produtivo é a forma que a empresa escolheu para gerenciar os seus processos, seja para fabricar produtos ou para prestar serviços (SLACK *et al*, 2009, p.92). Está “dentro” do sistema de produção, que abrange toda a cadeia produtiva da empresa e não apenas a produção.

Cada empresa escolhe, estrategicamente, o tipo de processo que quer adotar na sua produção e esta escolha está associada ao volume e à variedade dos produtos fabricados ou serviços prestados (JACOBS e CHASE, 2009, p.96).

Hayes e Wheelwright (1984, p. 176) propuseram cinco categorias em que seria possível alocar os tipos de processo: por projeto, *job shop*, lotes (*batch*), em massa (*assembly line*) e fluxo contínuo.

Esta classificação é adotada por Davis *et al* (2001, p. 74) e Slack *et al* (2002, p. 129; 2009, p.93), que destacam que a classificação dos tipos de processos segue um *continuum* em que variam o volume de produção e a variedade de produtos. A posição dos tipos de processos nesse *continuum* pode ser representada pela matriz produto-processo (SLACK *et al*, 2009, p.92; JACOBS e CHASE, 2009, p.97), que é apresentada na figura 4, a seguir.

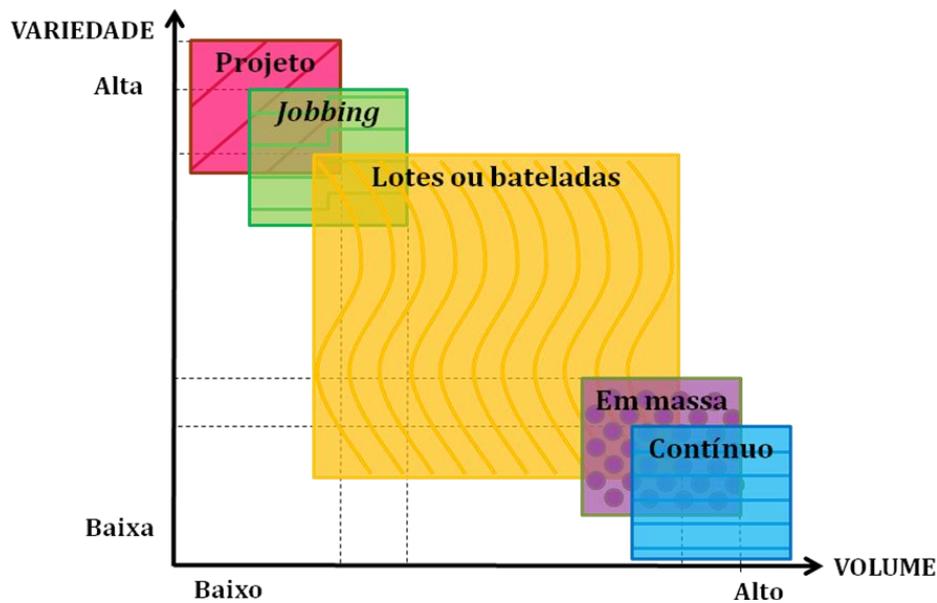


Figura 4. Matriz produto-processo (adaptada de SLACK *et al*, 2009, p. 93 e JACOBS e CHASE, 2009, p. 97).

A matriz mostra que processos com máxima variedade de produtos e mínimo volume de produção (extremo superior esquerdo) devem adotar o tipo de processo por projeto. À medida que a variedade vai diminuindo e o volume aumentando, os tipos de processo que devem ser adotados vão passando para processo por *jobbing*, por lotes, em massa e, no extremo inferior direito, quando há o máximo de volume e o mínimo de variedade, encontra-se o tipo de processo contínuo. Essa diferença entre volume e variedade ocorre por haver uma correlação negativa entre variedade de produtos e volume produzido para qualquer tipo de produção (SLACK *et al*, 2009, p.92).

A categoria de lotes ou bateladas é a que acomoda a maior variação de volume e variedade dos processos produtivos.

Os processos produtivos são classificados nestas categorias de acordo com o fluxo do processo (JACOBS e CHASE, 2009, p.96).

Davis *et al* (2001, p. 74) e Moreira (2008, p. 9) alocam estas cinco categorias em três principais grupos: processos de projeto, processos intermitentes e processos de fluxo em linha. Dentro do grupo de processos de projeto está apenas a categoria de tipo de processo por projeto, que se caracteriza pela fabricação de produtos únicos. O grupo de processos intermitentes envolve os tipos de processo *job shop* (ou *jobbing*) e o processo por lotes. Esta categoria se caracteriza pelos processos serem orientados para a fabricação de pequenos lotes, havendo uma separação clara entre a fabricação de um e de outro lote. Por fim, o terceiro

grupo, de processos de fluxo em linha, abrange os tipos de processo em massa (*assembly line*) e o processo contínuo, se caracterizando por englobar processos que produzem em grande quantidade produtos muito padronizados.

Chase *et al* (2006, p. 146) e Moreira (2008, p. 9) destacam que estas categorias se diferenciam, principalmente, devido ao fluxo de materiais.

Outros autores fazem pequenas diferenças nas classificações, como Chase *et al* (2006, p. 146) que não citam o tipo de processo por projeto, apesar de basearem a sua análise em Hayes e Wheelwright. Stevenson (2001, p. 148) que não explicita a utilização da classificação segundo Hayes e Wheelwright, não cita o tipo de processo por projeto e chama a categoria de produção em massa de “operação repetitiva/montagem”. Moreira (2008, p.10) também não cita a classificação de Hayes e Wheelwright, chamando-a de “classificação tradicional”. Este autor considera os tipos de processo por projeto (que ele chama de “grandes projetos sem repetição”), a produção em massa, a produção contínua e a produção em lotes, sem destacar o processo por *jobbing*. Paranhos Filho (2007, p. 71) também não menciona Hayes e Wheelwright e divide os tipos de processos em dois grandes grupos: produção de produtos discretos e de produtos contínuos. Desta forma, a produção em massa se une ao processo de produção em lotes e entra no grupo de produção de produtos discretos.

Neste trabalho, foram adotadas as classificações definidas por Hayes e Wheelwright (1984, p. 176) e utilizadas, entre outros, por Slack *et al* (2002, p.129) e Slack *et al* (2009, p.93). As categorias serão, a seguir, explicadas em detalhes.

### **3.1 Processo por Projeto**

O processo por projeto é o tipo de processo com menor volume de produtos fabricados (um produto por vez) e maior variedade entre os produtos produzidos (nenhum produto é igual ao outro). Este tipo de processo se caracteriza, principalmente, por fabricar um produto único, diferente de qualquer outro já produzido ou que venha a ser fabricado. “Cada projeto é único” (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.31).

Os recursos de transformação são praticamente dedicados ao produto que está sendo fabricado (SLACK *et al*, 2009, p.93). Em geral, um projeto utiliza intensamente alguns

recursos por um período de tempo e depois, basicamente não os utiliza (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.31).

Neste tipo de processo, o início e fim de produção de cada produto é bem definido, o que significa que um produto só começa a ser fabricado quando o anterior estiver finalizado (SLACK *et al*, 2009, p.93). “Os fluxos de trabalho são redefinidos a cada novo projeto” (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.31).

Desta forma, uma empresa que trabalha com este grau extremo de alta variedade e mínimo volume, como uma produtora de filmes, ou um escultor que cria obras de arte únicas, ou ainda uma construtora que faz estradas, deve, preferencialmente, utilizar este tipo de processo, aproveitar as suas vantagens (por exemplo, produtos únicos) e tentar diminuir as desvantagens (custo unitário alto).

Outra forte característica do processo por projeto é a utilização do leiaute posicional (será visto no capítulo 4), em que o produto (recurso transformado) permanece imóvel enquanto os recursos de transformação se movimentam para fabricá-lo. Isso é facilmente visualizado com a construção de um edifício, e com um pouco mais de esforço, vemos que mesmo em um filme sendo produzido, o *set* de filmagem fica imóvel enquanto câmera, luz etc são organizados em sua volta (JACOBS e CHASE, 2009, p.96) e que o trecho da estrada sendo construído é imóvel enquanto máquinas, profissionais etc se movimentam para sua construção para, em seguida, seguirem para outro local e construir mais um trecho.

Um estaleiro é comumente encontrado na literatura como exemplo de empresa que usa o processo por projeto para fabricar navios (SLACK *et al*, 2002, p. 129; SLACK *et al*, 2009, p.93) por diversas características, como: recursos serem dedicados à fabricação daquele navio especificamente; pela fabricação do navio ter um início e um fim claramente identificados, por fabricar um produto muito grande e que fica imóvel enquanto os recursos de transformação são móveis. No entanto, esta indústria tem se modernizado bastante nos últimos anos e, hoje, o navio produzido não necessariamente é único. Podem ser encomendados vários navios do mesmo modelo e, dependendo do porte do estaleiro, do tamanho e da quantidade de diques que possui, mais de um navio pode ser feito ao mesmo tempo, o que faz com que a classificação de processo por projeto não seja a mais apropriada para este tipo de processo. Ao mudar ligeiramente a sua posição no *continuum* volume-variedade, pode-se conceber que este tipo de processo tenha mais características do processo do tipo *jobbing*, visto em seguida.

### 3.2 Processo por *Jobbing*

Também conhecido por processo por tarefa (a planta que utiliza esse processo pode ser chamada de “*job shop*”), este tipo de processo se move um pouco na escala contínua de volume e variedade. Neste estágio, o volume de produção passa a ser um pouco maior, mas ainda muito baixo, e a variedade de produtos fabricados um pouco menor, mas ainda muito alta. Grande parte dos produtos gerados ainda serão únicos, mas não necessariamente (SLACK *et al*, 2009, p.94).

Este tipo de processo é utilizado por empresas que compartilham alguns recursos de transformação na fabricação de dois ou mais produtos (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.31; SLACK *et al*, 2009, p.93) que podem ser produzidos simultaneamente, ainda que parcialmente. Assim, neste tipo de processo, um produto pode começar a ser fabricado quando o anterior estiver quase finalizado.

É aceitável a existência de clientes que façam novos pedidos periodicamente, criando volumes maiores, possibilidade de estoque e padronização, diferentemente do processo por projeto (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32).

Um bom exemplo, comumente encontrado na literatura (SLACK *et al*, 2009, p.94) de utilização deste tipo de processo, é um alfaiate, que produz roupa sob encomenda, exatamente nas medidas do cliente e no modelo que ele deseja, ou seja, altamente customizada. Tomando como base estas características, este profissional poderia utilizar o processo por projeto na sua produção, no entanto, um alfaiate pode receber a encomenda de duas peças de roupas iguais, para o mesmo cliente, e no momento em que ele fabrica duas peças iguais, já não utilizaria mais o processo por projeto. Além disso, ele tem recursos compartilhados pelos vários produtos que ele fabrica simultaneamente, como funcionários que passam as roupas, a máquina de costura etc, o que também o tira da classificação de processo por projeto. Ao mesmo tempo, não produz a mesma peça com regularidade, como faria em um processo por lotes (que será visto adiante).

Outro bom exemplo de utilização deste tipo de processo é uma gráfica que produz cartazes para um evento. Como ela não fará apenas 1 cartaz, o volume não será unitário (já não poderia ser classificado como processo por projeto). Por outro lado, mesmo que ela produza 1.000 unidades deste cartaz, o trabalho não se repetirá, pois ainda que ela venha a

fabricar cartazes para um evento semelhante, no mínimo a data do evento será outra, o que o tornaria um produto diferente. Dessa forma, por não haver a recorrência, não poderia ser classificado como produção em lote (visto a seguir).

Como visto no item 3.1, a produção de um estaleiro, ao admitir a possibilidade de pedidos vários navios iguais, deixa de ser exemplo de processo por projeto e pelas características do processo em *jobbing* apresentadas até agora, pode-se enquadrá-la nesta categoria.

A customização e o compartilhamento de recursos são vantagens de utilizar este tipo de processo, enquanto a principal desvantagem é o custo unitário alto, pois apesar de já haver o compartilhamento de recursos, o volume de produção ainda é baixo.

Assim, uma empresa ou profissional que pretende fabricar mais de um produto simultaneamente, e compartilhar recursos para produzi-los, mas quer manter uma variedade muito alta e um volume ainda muito baixo, deve escolher trabalhar com o processo por *jobbing*, e trabalhar as vantagens e desvantagens deste tipo de processo.

### **3.3 Processo por Lotes**

O processo por lotes (ou bateladas) tem a característica de ser adequado a uma ampla faixa de volume e variedade, sempre com os produtos voltando a ser produzidos (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32).

Os produtos que compõem um lote seguem juntos de uma etapa para outra da produção e vários produtos são fabricados simultaneamente (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32). Não há uma definição clara do início e fim da produção de um item, mas do lote.

Ao finalizar o processamento de um lote, o centro de trabalho sofre um *set-up* para estar preparado para fabricar um lote de outro tipo de produto. Desta forma, uma forte característica deste tipo de processo é a alta quantidade de *set-ups* utilizados.

Outro ponto a ser observado é a quantidade de produtos que formam um lote. Slack *et al* (2009, p.94) afirmam que “cada vez que um processo em lotes produz um produto, é produzido mais do que uma unidade” e talvez, com isso, queira dizer que para ser considerado

um lote, deve haver mais do que um item. No entanto, seguindo este parâmetro, não haveria classificação de uma empresa que produza, intercaladamente e repetitivamente, um produto do tipo A e um produto do tipo B, havendo *set-up* entre a produção de um e de outro, o que pode acontecer em uma fábrica cujos produtos têm um tempo longo de fabricação e que pretende manter o máximo do seu mix de produto disponível no mercado. Já que, pela repetição da produção do item de forma planejada e para venda (não sob encomenda), este processo não seria do tipo por *jobbing*, e como há *set-ups* entre a produção de um tipo e outro (diferentemente do que acontece em uma linha de montagem de automóveis, por exemplo), também não seria em massa (processo que será visto em seguida). É possível também interpretar que o autor se referia à produção de mais de uma peça, considerando as outras que viriam a ser feitas dentro da programação, diferenciando este processo do *jobbing*.

Em todo caso, neste trabalho, considerar-se-á que um lote pode ser de uma unidade (ou cem, mil, ou qualquer outra quantidade) de um tipo de produto que volta a ser produzido, intercaladamente, com a produção de um tipo diferente de produto em qualquer quantidade, havendo *set-up* entre a produção de um e de outro tipo. Em outras palavras, a quantidade de produtos dentro do lote não importa para caracterizá-lo como lote, mas o fato de ele voltar a ser produzido com uma frequência prevista e planejada, havendo *set-up* entre a produção do lote de um tipo e de outro tipo de produto.

Ritzman e Krajevsky (2004, p.32) explicam que este tipo de processo é usado quando produtos iguais ou semelhantes são fornecidos repetidamente.

O tamanho do lote depende de inúmeros fatores específicos de cada fábrica, como tempo de *set-up*, disponibilidade de equipamentos, confiabilidade dos fornecedores, tamanho dos *containers*, tanques, reservatórios etc. Há também a teoria do lote econômico, utilizada para definir qual o tamanho do lote que trará mais benefícios para a produção, mas que não será tratada neste trabalho.

Desta forma, pode-se concluir que se uma unidade de um produto é fabricada e não se pretende reproduzi-la novamente, esta produção deve utilizar o tipo de processo por projeto. Se a quantidade a ser produzida for de duas unidades, ou de milhares de unidades numa única vez, e não havendo uma programação para repetição da produção (o que não impede que venha a ocorrer), esta produção deve ser realizada pelo processo do tipo *jobbing*. No entanto, se a intenção da empresa é produzir uma, duas ou milhares de unidades de produtos de um tipo e voltar a fabricar esses produtos com uma frequência programada, então

estes grupos de produtos podem ser chamados de “lotes” e esta empresa deve utilizar o tipo de processo por lotes para fabricar seus produtos.

Esta possibilidade de trabalhar com lotes pequenos ou grandes é o que faz com que este tipo de processo englobe uma grande faixa de volume e variedade de produção, explicitado na matriz produto-processo apresentada na figura 4, anteriormente.

Outra característica deste tipo de processo é que há padrões de operação, pois os produtos são fabricados em grandes quantidades e todos devem ser iguais, não havendo customização, como havia no *jobbing* e no processo por projeto. Para buscar atender a diferentes clientes, o processo deve adotar um maior *mix* de produtos (trabalhar na posição do *continuum* com maior variedade, atendida pelo tipo de processo), mas não faz parte deste tipo de processo alterar um item de acordo com a requisição de um cliente único. Pode-se observar que esta é uma desvantagem deste tipo de processo para os processos por *jobbing*. Para enfrentá-la, algumas empresas que utilizam este tipo de processo utilizam uma espécie de “customização padronizada”, ou seja, estipulam quais são as alterações possíveis no produto de forma que possam entrar em um padrão de operação, geralmente no final do processo.

Assim, pode-se ver que algumas vantagens da utilização deste tipo de processo variam de acordo com a posição no *continuum* volume-variedade que a produção adotou. Em uma posição com alto volume, ou seja, com lotes grandes, há a vantagem da rapidez da produção, repetitividade das operações e forte utilização dos padrões de operação (que facilitam a execução da tarefa e garantem que um produto saia igual ao outro). Já numa posição com maior variedade, tem-se a vantagem de um grande mix de produtos, mantendo a padronização dos produtos do mesmo tipo pelo uso dos padrões.

Ritzman e Krajevsky (2004, p.32) esclarecem que é possível obter variedade neste tipo de processo adotando uma estratégia de “montagem por encomenda” ao invés da “fabricação por encomenda”, vista nos tipos anteriores. Por exemplo, um grande e conhecida rede de lanchonetes passou a oferecer uma pequena customização na “montagem” do sanduíche, abrindo a opção do cliente manter ou retirar o picles – esse era o máximo de customização permitida pelo processo em lotes que utilizam para não perder as vantagens de velocidade e padronização. Caso uma produção aceite alterar o produto para atender a especificação de um cliente, por exemplo, deixando o hambúrguer mais bem ou mal passado, ele perturbará o sistema e abrirá mão, ainda que parcialmente, das vantagens do processo, e aumentará o custo unitário por despender mais uso de recursos para um item.

É comum a adoção do leiaute por processo (ou funcional), explicado mais adiante, para esse tipo de processo, pois a variedade ainda é grande para se dedicarem processos separados para cada produto (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32).

No entanto, em meio ao fluxo sem sequência padronizada por toda a produção, é possível encontrar alguns fluxos mais dominantes e alguns segmentos do processo adotando um fluxo em linha (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32).

Alguns exemplos muito encontrados na literatura (SLACK *et al*, 2009, p.94) de organizações que utilizam este tipo de processo produtivo são fábricas de autopeças que serão usadas pelas montadoras para montar veículos.

### **3.4 Processo em Massa**

O processo produtivo do tipo em massa deve ser utilizado quando a empresa trabalha com um alto volume de produtos e baixa variedade. “Cada operação executa o processo repetidamente” (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32).

Como visto no início do capítulo, este tipo de processo faz parte do grupo de processos de fluxo em linha e não do grupo de processos intermitentes como os dois últimos (*jobbing* e lotes) (DAVIS *et al*, 2001, p. 74 e MOREIRA, 2008, p.9). Apesar de se assemelhar ao processo contínuo por ter um fluxo altamente previsível, o processo em massa pode apresentar algumas paradas para *set-ups*, embora o mais esporadicamente possível.

Por fabricar produtos altamente padronizados, é possível adotar um leiaute em linha, com os recursos organizados em função do produto (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32). Ainda que seja apropriado a uma baixa variedade de produção, não significa que não possa haver variedade nos produtos fabricados por processos em massa. A variedade pode existir contanto que o fluxo em linha não seja perturbado.

Um bom exemplo para visualização do uso deste tipo de processo é a produção de uma montadora de automóveis. De fato, uma montadora pode oferecer diversas variações nos seus modelos de automóveis, no entanto, estas variações não interferem no processo produtivo. A produção não é interrompida para alteração de produto: os itens diferentes são

levados à linha de montagem que continua em sua velocidade normal (SLACK *et al*, 2009, p.95).

A variedade deste tipo de processo é possível oferecendo-se opções padronizadas ao produto principal (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.32). Nestas fábricas, produtos diferentes são produzidos numa mesma linha de produção, sem *set-ups*. Por exemplo, em uma mesma linha de montagem, podem ser produzidos carros de vários tipos e modelos e em todas as cores disponíveis. É uma possibilidade de acrescentar variação a um tipo de processo adequado para alto volume, mas rígido em termos de variedade. Para isso, basta que os chassis de todos os tipos a serem produzidos “caibam” nesta linha de montagem e que as carcaças de modelos e cores diferentes sejam levadas à linha de montagem e acopladas aos seus chassis. Neste caso, uma montadora poderia ter, por exemplo, duas linhas de montagem: uma para carros grandes, como caminhonetes, SUVs etc e outra para carros pequenos. Com isso, ela estaria produzindo em massa, com alto volume e baixa variedade, o que reduz o custo unitário, e ainda oferecendo opções ao público.

As vantagens desse tipo de processo são claras: a repetitividade, alta previsibilidade do processo produtivo, alta velocidade de produção e o baixo custo unitário, assim como são evidentes as desvantagens: baixa variedade e inexistência de customização.

### **3.5 Processo Contínuo**

Este tipo de processo se encontra no outro extremo do *continuum* volume X variedade (SLACK *et al*, 2009, p.93), com altíssimo volume e nenhuma variedade. O termo contínuo pode ser percebido pelo modo como os materiais movem-se ao longo do processo, sem interrupções (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.33).

O fluxo é altamente previsível (SLACK *et al*, 2009, p.93) com a utilização de fluxos de linha rígidos (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.33).

Tem a característica de operar por longos períodos de tempo (SLACK *et al*, 2009, p.97; JACOBS e CHASE, 2009, p.96), 24 horas por dia, para maximizar a utilização e evitar os reinícios de produção que, neste tipo de processo, são bastante onerosos (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.33).

É comum em indústrias de capital intensivo com tecnologias inflexíveis (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.33; SLACK *et al*, 2009, p.97) como por exemplo, o processo de fabricação do ferro gusa no alto-forno de uma siderúrgica, ou a geração de energia em uma hidrelétrica.

Não há *set-ups* neste tipo de processo. As interrupções são evitadas a todo custo (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.33; JACOBS e CHASE, 2009, p.96), mesmo para manutenção. O alto-forno é um bom exemplo. Este equipamento trabalha com temperatura em torno de 1500°C, chegando a 2.000°C em algumas áreas do alto-forno (GANDRA, 2006, p.5), não sendo viável, por este e outros fatores, como o custo da hora parada, resfriá-lo para uma intervenção e depois reaquecê-lo. Para exemplificar com um caso prático, a ArcelorMittal Tubarão divulgou o atingimento de um recorde mundial com os 27 anos de operação ininterrupta do seu Alto-forno 1, que só deverá ser desligado em 2012 para uma reforma (ABDO FILHO, 2010).

A escolha do processo produtivo está intimamente atrelada à definição do leiaute da planta (o arranjo físico), de forma que, cada tipo de processo visto anteriormente está comumente associado a um ou dois tipos de leiaute (SLACK *et al*, 2009, p.184), que serão vistos a seguir.

## CAPÍTULO 4 – LEIAUTES DE PLANTAS INDUSTRIAIS

O leiaute de uma planta industrial se refere à organização dos recursos transformadores no espaço físico (SLACK *et al*, 2009, p.181).

Conhecer as possibilidades de organização dos recursos transformadores e o que cada leiaute traz de vantagens e desvantagens é de extrema importância para os gestores. Uma pequena alteração da disposição dos equipamentos pode alterar drasticamente, para melhor ou para pior, o fluxo da produção, o que refletirá na eficiência e nos custos de uma empresa (SLACK *et al*, 2009, p.181). Além disso, alterar um leiaute já estabelecido pode gerar interrupção do processo e perda de produção (SLACK *et al*, 2009, p.183).

Ohno (1997, p. 34) afirma que foi a reorganização das máquinas no chão-de-fábrica, estabelecendo um fluxo de produção, que permitiu a eliminação do estoque entre processos na Toyota, durante a criação do Sistema Toyota de Produção.

A importância e vantagens de se adotar um leiaute apropriado ao tipo de processo são muitas, entre elas (SLACK *et al*, 2009, p.183):

- Segurança das pessoas que circulam pela produção. O leiaute deve ser bem sinalizado, iluminado, com uso de cores que representem locais de acesso livre e locais de acesso limitado, espaço de circulação desimpedida, além de conter indicações claras e precisas de localização de saídas de emergência e extintores de incêndio.
- Extensão do fluxo do processo, que deve ser estabelecido de acordo com o tipo de processo utilizado. Em geral, o espaço percorrido por produtos ou clientes sem que haja transformação deve ser reduzido, pois não agrega valor (como explicado no capítulo 2 ao tratar das perdas por transporte e movimentos). Algumas exceções existem, quando se pretende, por exemplo, que um cliente percorra o maior espaço possível para induzi-lo à compra, como em um supermercado (SLACK *et al*, 2009, p.183), ou *Shopping Center*.
- Clareza do fluxo do processo. Quanto mais claro for o fluxo do processo, maior a facilidade do seu controle. Desta forma, todo o fluxo deve ser facilmente identificado, com sinalizações como linhas pintadas no chão, geralmente observadas em hospitais (SLACK *et al*, 2009, p.183), grandes bibliotecas, estacionamentos, metrô etc.

- Conforto para funcionários. É importante considerar onde ficarão os recursos humanos no processo e priorizar os espaços com iluminação natural, ventilação, sem ruídos e sem odores para sua acomodação, buscando sempre deixar o ambiente agradável. Algumas fábricas procuram até mesmo construir jardins de inverno para favorecer o estabelecimento de uma atmosfera com umidade agradável, além das vantagens da presença de uma paisagem natural. É o caso da fábrica da Ferrari em Maranello, na Itália (FIAT CLUB, 2007).



Figura 5. Fábrica da Ferrari em Maranello, na Itália, com jardim de inverno dentro da área de produção (fonte: FIAT CLUB, 2007).

- Acessibilidade aos equipamentos: o leiaute também deve ser pensado de forma que as máquinas sejam acessíveis para realização de limpeza e manutenção.
- Utilização do espaço de acordo com o processo produtivo do local. Por exemplo, pode ser apropriado para um hotel deixar grandes espaços desocupados no hall ou jardim, para uma imagem luxuosa (SLACK *et al*, 2009, p.184), já armazéns ou estacionamentos devem prever ocupação vertical, pois todo o espaço possível deve ser ocupado.
- Flexibilidade de longo prazo, por fim, é uma importante consideração que deve ser feita ao se organizar o leiaute da fábrica. É preciso prever espaço para ampliação da produção, com aquisição de máquinas, pois transferir uma fábrica de lugar por falta de espaço pode gerar um custo elevado que prejudicaria a saúde financeira de empresa.

O leiaute de uma fábrica pode ser classificado em 4 tipos básicos (SLACK *et al*, 2009, p.184) que se aplicam tanto à fabricação de produtos como à prestação de serviços. Os tipos de leiaute se relacionam, como dito acima, com os tipos de processo vistos no capítulo 3. A figura 6, a seguir, mostra a relação entre eles.

Tipo de Processo		Tipo básico de leiaute
Por Projeto		Posicional
Jobbing		Funcional
em Lotes	em Massa	Celular
Contínuo		Linear

Figura 6. Correlacionamento entre tipos de processo e tipos de leiaute (adaptada de SLACK *et al*, 2009, p. 184).

#### 4.1 Leiaute Posicional

Os processos por projeto utilizam o leiaute chamado “posicional”, em que o produto fica estático (por isso também chamado de “posição fixa”) e os recursos transformadores vão até ele para transformá-lo (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199; SLACK *et al*, 2009, p.185). É fácil visualizar este leiaute ao se pensar a construção de um edifício. Obviamente, o edifício é construído no local em que vai ficar e os recursos (operários, matérias-primas, equipamentos etc) vão até ele. Logo, uma construtora deve arranjar seus recursos de forma a facilitar o acesso ao produto, que deve ficar, preferencialmente, no centro dos recursos. No caso de um edifício, o leiaute posicional é escolhido pela impossibilidade de locomoção do produto.

A fabricação de um navio também é comumente citada na literatura (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199; SLACK *et al*, 2009, p.185) como exemplo de utilização deste tipo de leiaute. No entanto, seria mais preciso afirmar que a “etapa de montagem” do navio utiliza o leiaute posicional, por ser o produto muito grande e não fazer sentido deslocá-lo pela

planta como fazem as montadoras de automóveis. Outras etapas de produção presentes em um estaleiro podem usar outros leiautes, como, por exemplo, o corte de chapas metálicas.

Este tipo de leiaute também pode ser escolhido por outros motivos, como um estado delicado demais para ser movido, como um paciente cirúrgico, cuja locomoção é arriscada, podendo comprometer sua vida, sendo preferível manter o paciente fixo em um local e todos os recursos transformadores se locomoverem até ele (SLACK *et al*, 2009, p.185).

Outro exemplo é um restaurante em que os clientes são atendidos na mesa pelos garçons, e não se locomovem a um *buffet*. (SLACK *et al*, 2009, p.185). Neste caso, o cliente é fixo por comodidade.

A figura 7, a seguir, mostra um esquema de um leiaute posicional, ou de posição fixa, com o produto imóvel sendo fabricado por recursos transformadores que vão até ele. Os processos necessários para a fabricação do produto estão representados por formas geométricas.

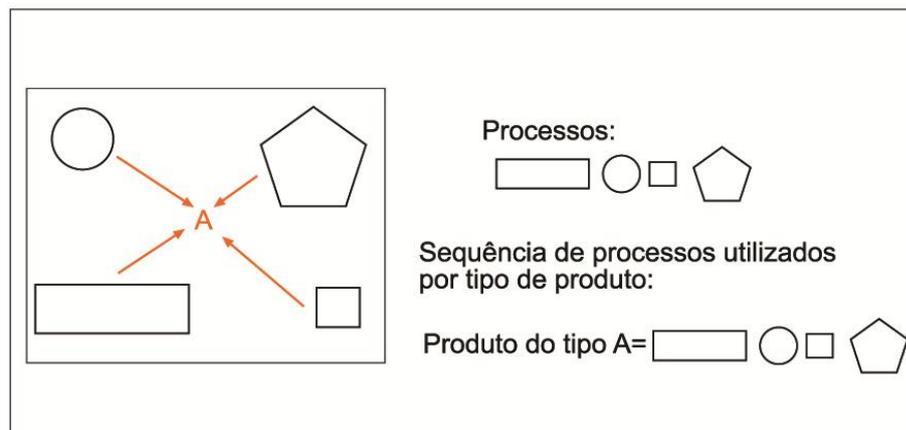


Figura 7. Esquematização do leiaute posicional (fonte: autoria própria).

## 4.2 Leiaute Funcional

Um segundo tipo de leiaute é o funcional, ou por processo, muito utilizado em muitas fábricas ou empresas prestadoras de serviço. Este leiaute consiste em organizar vários grupos, ou centros, de equipamentos de acordo com sua função (ROCHA, 2002, p.139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199; SLACK *et al*, 2009, p.186). Assim, em um grupo haverá apenas equipamentos com a função X, em outro grupo ficarão apenas equipamentos com a função Y, um terceiro grupo será formado por equipamentos com a função Z e assim

por diante. Desta forma, os produtos são levados aos centros necessários para sua fabricação, escapando dos centros cujos equipamentos não são utilizados para sua produção (ROCHA, 2002, p.139; SLACK, *et al*, 2009, p.186).

As empresas optam por este tipo de leiaute quando trabalham com um grande *mix* de produtos, pois este leiaute oferece grande flexibilidade, uma vez que os produtos só precisam passar pelos centros necessários. Desta forma, é ideal quando um mesmo processo precisa fabricar muitos produtos diferentes, de forma intermitente (ROCHA, 2002, p.139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199). Além disso, como o leiaute separa grupos de equipamentos com a mesma função, vários produtos podem ser produzidos em paralelo, simultaneamente.

Outra característica dos processos que utilizam este tipo de leiaute é que o seu nível de demanda por cada tipo de produto é reduzido ou imprevisível, não sendo viável utilizar o leiaute em linha (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199).

Existem muitas vantagens na adoção deste tipo de leiaute, como o uso de recursos universais (e não dedicados ou específicos) e de menor intensidade de capital (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199). Há a possibilidade de aproveitamento de funcionários especializados no grupo de equipamentos ou operações e alta flexibilidade para absorver alterações no mix de produtos, com facilidade de alteração de sequência de produção (ROCHA, 2002, p.139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199), com acréscimo ou retirada de etapas de acordo com o novo tipo de produto. Como os equipamentos não estão sequenciados, há facilidade de realização de manutenção sem que seja necessário interromper a produção (diferentemente do leiaute linear, que será visto adiante) (ROCHA, 2002, p.139).

Uma desvantagem deste leiaute é que há muito estoque em processo (ROCHA, 2002, p.139), pois um produto não segue para o próximo grupo de equipamentos necessários assim que sai do grupo anterior, um a um. Ao invés disso, ele aguarda para que todo o lote termine de ser processado e então segue junto com os outros produtos do lote para o centro seguinte. Desta forma, por não haver continuidade da produção, o tempo de atravessamento (*lead time*) é muito grande (ROCHA, 2002, p.139).

Dada a variedade de produtos fabricados pelos processos que optam por este tipo de leiaute, o planejamento do fluxo é difícil e a definição do tempo de produção varia entre os tipos de produtos (ROCHA, 2002, p.139).

Outro problema é o trânsito de produtos pela fábrica. Como famílias de produtos diferentes usam sequências de equipamentos diferentes, há grande movimentação de materiais, com fluxos de produtos que se cruzam pela fábrica, causando desorganização

aparente e dificuldade de identificar a sequência de atividades (ROCHA, 2002, p.139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199), bem como os gargalos da produção.

Um exemplo clássico de utilização seria uma oficina mecânica, que reúne fresadoras em uma área, furadeiras em outra, tornos em outra (ROCHA, 2002, p.139).

Outro exemplo deste leiaute é um hospital (SLACK *et al*, 2009, 186), que reúne em um andar laboratórios de imagem, em um local de outro andar médicos ortopedistas, em outros andar, os blocos cirúrgicos. Desta forma, só vão até o andar do bloco cirúrgico os pacientes que precisam de cirurgia, assim como só vão ao andar de laboratórios de imagem, os pacientes que precisam de ultrassom, raio X ou qualquer outro exame de imagem.

A figura 8, a seguir, mostra um esquema de um leiaute funcional, ou por processo. Os processos presentes na fábrica estão representados pelas formas geométricas. Os equipamentos estão organizados de acordo com suas funções, de forma que ficam juntos os que executam o mesmo tipo de processo. Estão representados 4 produtos fabricados pela planta. A legenda “sequência de processos utilizados por tipo de produto” mostra quais processos são necessários para a fabricação de cada tipo de produto. Do lado esquerdo estão as trajetórias executadas para a fabricação de cada tipo de produto, representadas por linhas com tracejados e cores diferentes. O produto A passa por todas as etapas, enquanto os outros deixam de passar pelas que não são necessárias para a sua fabricação.

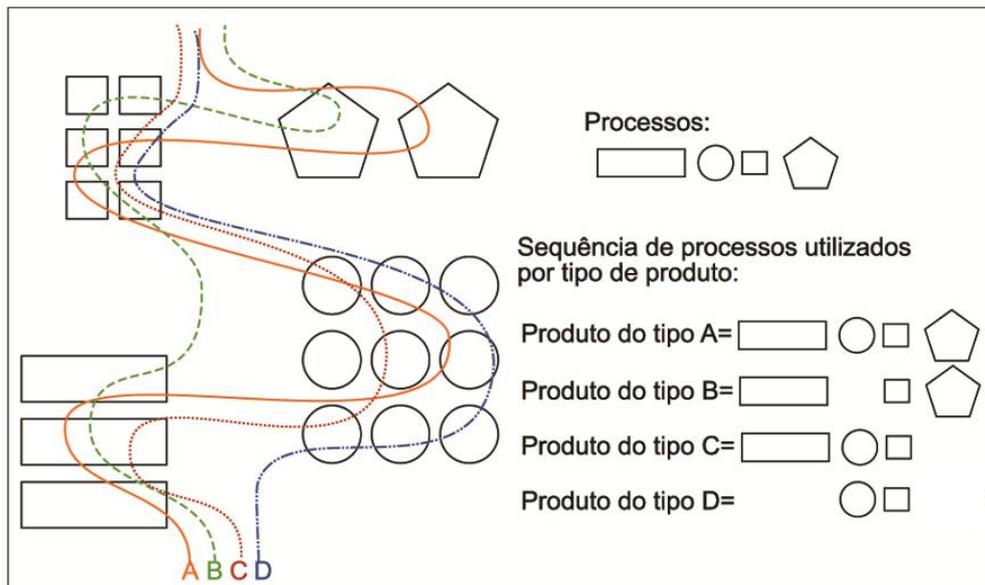


Figura 8. Esquematização do leiaute funcional (fonte: autoria própria).

### 4.3 Leiaute em Linha

O terceiro leiaute clássico é o linear, fortemente associado aos processos em massa e contínuo, uma vez que esse leiaute permite a produção de grande volume em detrimento da variedade.

Ele consiste em arrumar os recursos um depois do outro, na sequência que são necessários para a fabricação do produto específico, sendo, por isso, também chamado de leiaute por produto (ROCHA, 2002, p. 139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199).

O formato da linha não precisa ser reto, podendo assumir uma disposição em L, O, S ou U, de acordo com o tamanho e formato da área de produção (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199).

Cada linha é dedicada a uma família de produtos, de forma que todos os produtos que utilizam a linha passam, necessariamente, por todas as etapas de fabricação (ROCHA, 2002, p. 139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199).

É utilizado para fabricação de produtos padronizados e repetitivos, com um alto volume de produção (ROCHA, 2002, p. 139; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199) e adequado para uma produção com demanda elevada e estável (ROCHA, 2002, p. 139).

Utiliza um capital intensivo, com equipamentos dedicados (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199).

Ao oferecer a vantagem da maior rapidez, que diminui o *lead time*, oferece também a vantagem de permitir a redução do estoque (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199). Em uma linha, não há estoque entre as operações, pois os itens são passados continuamente e diretamente de uma operação para outra, sem precisar esperar pelo lote (RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199). “Não há interrupção do fluxo entre um posto de trabalho e outro e a transferência do produto entre eles é feita de forma contínua” (ROCHA, 2002, p. 139). Os estoques são iniciais e finais (ROCHA, 2002, p. 142).

Pode-se ver, então, que este tipo de leiaute oferece muitas vantagens, como uma produção em alto volume, estoque reduzido de material em processo, padronização do produto e do tempo de produção, facilidade no planejamento da sequência de produção, maior controle da produção, além de que não exige a contratação de mão de obra especializada (ROCHA, 2002, p.142).

Há também algumas desvantagens. O fato dos equipamentos estarem ligados um ao outro faz com que a utilização da capacidade de todos seja definida pela capacidade do gargalo. Além disso, havendo a necessidade de manutenção de um equipamento, toda a linha de produção tem que ser paralisada, provocando a interrupção da fabricação (ROCHA, 2002, p.142).

Outras desvantagens são o alto investimento em equipamentos inflexíveis e dedicados e a falta de flexibilidade da produção (ROCHA, 2002, p.142; RITZMAN e KRAJEVSKY, 2004, p.199). Por exemplo, se é montada uma linha de produção para fabricar uma família de biscoitos, todos os biscoitos que estiverem na esteira da linha de montagem passarão pelos gabaritos (que darão o formato ou o desenho do biscoito), pelo forno, pela cobertura e pelo ensacamento. É muito importante observar que a linha de montagem não elimina a variedade, apenas a limita às possibilidades oferecidas pelos equipamentos de modo a não interferir na produção. Ou seja, nesta mesma linha de montagem, podem ser fabricados biscoitos brancos e biscoitos de chocolate, basta abastecer a bisnaga com massas diferentes; podem ter desenhos diferentes, bastando alterar a imagem do gabarito; assim como podem ser embalados em sacos com *design* diferentes, bastando substituir os plásticos da embaladora. É o que ocorre nas montadoras de automóveis, que utilizam uma mesma linha de montagem para montar modelos diferentes, mas de forma a não interferir na linha, não interromper o processo. Assim como a bisnaga do biscoito pode descarregar massas diferentes nas esteiras, uma linha de montagem automotiva pode receber carcaças de cores diferentes (já pintadas) ou mesmo de modelos de carros diferentes, contanto que os equipamentos consigam operar com eles, que caibam na linha de montagem e que a produção não tenha que mudar de ritmo.

A figura 9, a seguir, mostra o esquema de um leiaute linear, ou por produto. Como nas figuras 7 e 8, anteriores, os processos presentes na fábrica estão representados pelas formas geométricas. Os equipamentos estão organizados de acordo com a sequência em que serão necessários para a fabricação dos produtos. Os quatro produtos representados utilizam todos os processos, por isso podem ser organizados em um leiaute em linha, pois todos passarão por todas as etapas de fabricação. As trajetórias executadas para a fabricação de cada tipo de produto estão representadas por linhas com tracejados e cores diferentes.

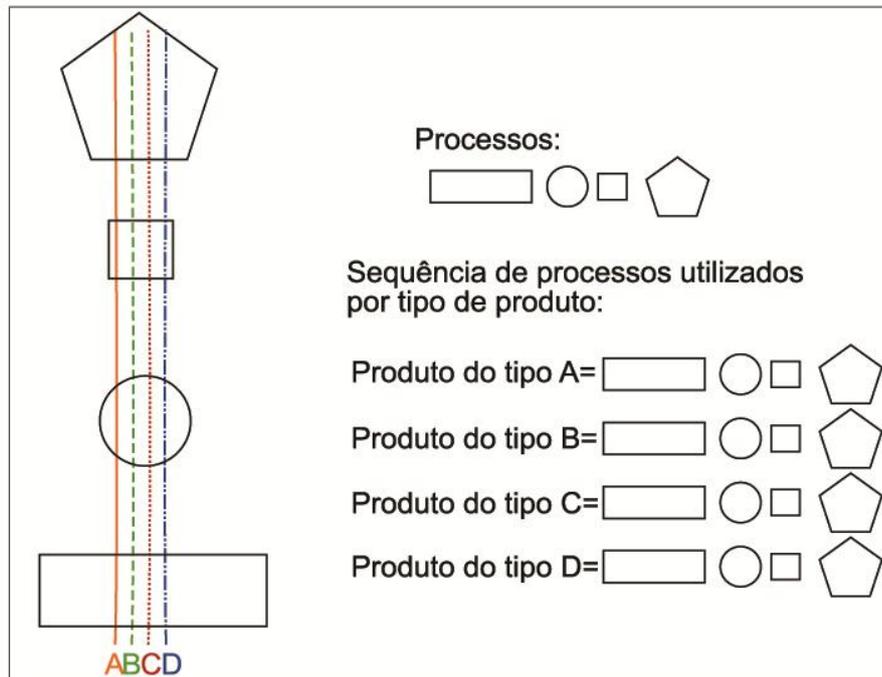


Figura 9. Esquemática do leiaute linear (fonte: autoria própria).

#### 4.4 Leiaute Celular

O quarto tipo de leiaute é o celular. Este leiaute consiste em colocar em um só local todos os recursos que atenderão às necessidades imediatas de fabricação de uma família de produtos (SLACK *et al*, 2009, p. 187).

Rocha (2002, p.145) especifica que a célula deve ser suficiente para a produção do produto do início ao fim. Já Slack *et al* (2009, p.187) afirmam que uma célula pode ser utilizada para apenas uma parte do processo produtivo, e o produto seguir para ser trabalhado em outra célula. O produto pode até mesmo ser finalizado em uma área com outro tipo de leiaute.

Outro aspecto citado por Rocha (2002, p.145) e Ritzman e Krajevsky (2004, p. 199) é que uma célula tem o seu leiaute interno disposto de forma linear. Slack *et al* (2009, p.187), no entanto, ressaltam que o leiaute interno de uma célula pode ser linear ou funcional, afirmação mais adequada ao analisarmos situações reais. Encontram-se exemplos de leiautes celulares funcionais nas maternidades de hospitais (SLACK *et al*, 2009, p.188) por este arranjo agrupar em um local, seja um andar, seja uma parte dele, ou mesmo em um prédio,

todos os equipamentos que podem ser necessários para realização de exames e procedimentos em gestantes, que não precisam se locomover a outros andares ou salas do hospital para terem suas necessidades atendidas. Apesar de haver todos os recursos necessários para atender as necessidades dos clientes, elas não têm que passar por todos os equipamentos da área, o que classifica a célula como funcional e não linear.

Outro exemplo de célula funcional também encontrado na literatura (SLACK *et al*, 2009, p. 188) é o setor de lanches do supermercado, onde o cliente encontra tudo que precisa para fazer um lanche, não precisando se deslocar para o setor de bebidas para pegar um refrigerante, à padaria para pegar um pão e ao setor de frios para pegar o queijo. Todas as seções de frios, padaria, doces e bebidas estão disponíveis para ele na lanchonete do supermercado, apesar de ele não ter que passar por todas elas.

Pode-se entender que uma célula linear é responsável por processar apenas uma família de produtos, em que todos os tipos de produtos passam por todas as etapas de fabricação, enquanto que uma célula funcional atende a mais de uma família de produtos similares, que compartilham a maioria dos recursos, podendo deixar de utilizar alguns deles.

Rocha (2002, p.145) defende que o leiaute celular procura aumentar a capacidade produtiva de um leiaute funcional dando a ele características de um leiaute linear. Apesar de o autor reconhecer apenas a célula linear, esta afirmação também corresponde à célula funcional, pois este leiaute aumenta a velocidade de processamento das famílias de produtos que recebem, já que estas passam a ter equipamentos dedicados a elas ao invés de compartilharem todos os recursos com todas as famílias de produtos da fábrica, como ocorre com o leiaute funcional. Slack *et al* (2009, p.187) concordam com a tentativa do leiaute celular de organizar o fluxo caótico do leiaute funcional.

O leiaute celular também aumenta a produtividade por haver menor quantidade de *set-ups*, que também são mais rápidos (ROCHA, 2002, p.145), dada a característica de dedicação da célula a uma ou poucas famílias e maior simplicidade das trocas.

Rocha (2002, p.145) levanta ainda outra característica vantajosa deste leiaute: a maior integração das pessoas que trabalham na célula.

A figura 10, a seguir, mostra o esquema de um leiaute celular linear e um leiaute celular funcional. Como nas figuras 7, 8 e 9, anteriores, os processos presentes na fábrica estão representados pelas formas geométricas. Na primeira célula, uma célula linear, os equipamentos estão organizados de acordo com a sequência em que serão necessários para a fabricação do produto A, único a utilizar esta célula. Na segunda célula, uma célula funcional,

os equipamentos estão organizados de acordo com suas funções, de forma que ficam juntos os que executam o mesmo tipo de processo, e os produtos que utilizam esta célula (B, C e D), passam pelos processos necessários para sua fabricação, evitando os desnecessários. As trajetórias executadas para a fabricação de cada tipo de produto estão representadas por linhas com tracejados e cores diferentes.

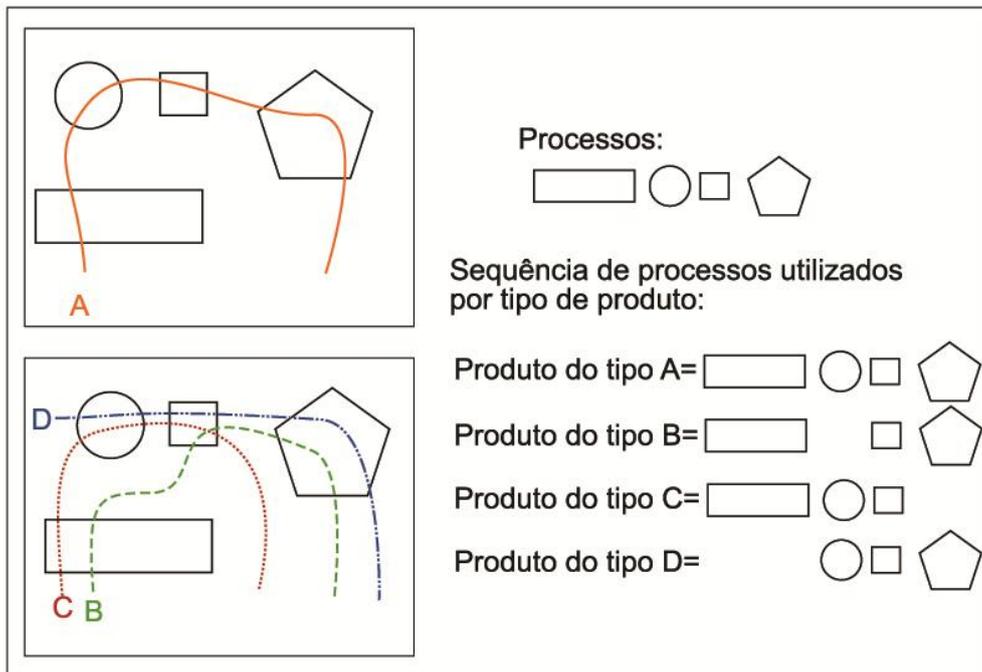


Figura 10. Esquematização do leiaute celular (fonte: autoria própria).

#### 4.5 Leiaute Misto

É comum encontrar nas plantas fabris leiautes mistos, ou seja, processos diferentes utilizando leiautes diferentes. A fábrica da Ferrari de Maranelo, na Itália, por exemplo, possui várias áreas com diferentes processos (ULTIMATE FACTORIES FERRARI, 2006). De forma geral, esta fábrica apresenta um leiaute funcional, pois a montagem do motor ocorre em uma área, a costura dos bancos ocorre em outra área, a pintura em outra área, a montagem final do carro em outra área etc. Cada um destes centros de trabalho, por sua vez, estão organizados de formas diferentes. A área de montagem do motor utiliza o leiaute posicional, em que o motor vai sendo montado em um local fixo, com os recursos transformadores se aproximando dele. A área de costura utiliza um leiaute funcional, com várias máquinas de

costura em um ponto, áreas de corte em outro ponto etc. A etapa de pintura utiliza um leiaute linear, com todos os produtos passando por todas as etapas de uma linha de fabricação, havendo apenas mudança do tipo e cor das tintas. Linear também é o leiaute da linha de montagem final. Certamente, outros centros de trabalho da fábrica utilizam os outros tipos de leiaute e possivelmente há células dentro de cada área.

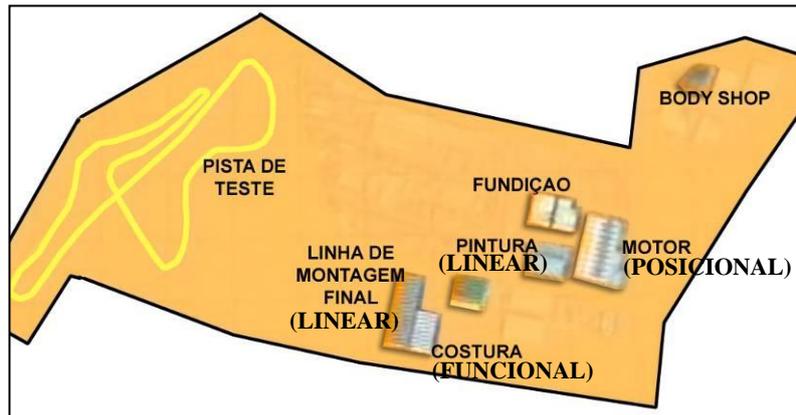


Figura 11. Esquematização do leiaute misto (adaptada de ULTIMATE FACTORIES, 2006).

## **CAPÍTULO 5 - FLUXO DE VALOR**

O fluxo de valor é composto por todas as ações, que agreguem ou não valor, requeridas, até então, para que o produto passe pelos fluxos essenciais, que são o fluxo de produção e o fluxo de projeto de produto (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 3).

O fluxo de produção consiste das ações necessárias, até o momento, para a fabricação de um produto, desde a chegada da matéria-prima à fábrica até a entrega para o cliente (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 3) e será o fluxo estudado por este trabalho. Tanto o fluxo do material quanto da informação fazem parte do fluxo de produção (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 5).

Rother e Shook (2007, p. 7) e Dennis (2008, p.107) defendem a existência de um líder, ou “Gerente do Fluxo de Valor”, que seria a pessoa que conheceria todo o fluxo de valor da produção e que teria o poder de tomar decisões para alterar o fluxo.

### **5.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)**

Mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma técnica usada para conhecer o fluxo de material e de informação que ocorrem na fabricação do produto pela identificação de cada ação a que o produto é submetido, assim como cada transferência de informação envolvida.

A sua utilização inclui a representação visual de cada processo presente no fluxo, utilizando alguns ícones já estabelecidos e desenvolvendo-se possíveis ícones necessários para simular a realidade da fábrica, montando-se, com esta representação, o mapa de estado atual do processo produtivo.

Com o mapa do estado atual pronto, é possível julgar as ações do fluxo em agregadoras de valor ou não e, a partir daí, formular um mapa de fluxo de valor futuro aprimorado, assim como um plano de ação para alcançá-lo. Por se tratar de uma ferramenta de melhoria contínua, ao ser implantado o mapa futuro ele passa a ser o estado atual e o ciclo, então, se repete (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 9).

Rother e Shook (2007, p. 6) ressaltam que, para iniciar o mapeamento é preciso, primeiramente, identificar e focar em uma família de produtos, descrevendo quantos itens a compõem, qual a demanda dos clientes e qual a frequência de entregas.

A partir daí começa o mapeamento em si: o desenho das etapas do processamento atual de materiais e informações referentes à família selecionada.

Pelo descrito acima, pode-se dizer que o MFV é uma etapa crítica para conhecer o funcionamento da produção, para a identificação dos desperdícios e para se chegar às idéias de como melhorar o fluxo de produção.

Para fazer o MFV, é importante familiarizar-se com os ícones comuns à ferramenta e com os dados da produção necessários para entendimento do estado atual e preparação do estado futuro.

### 5.1.1 Ícones usados pelo MFV

O mapeamento do fluxo de valor deve ser feito no chão-de-fábrica, andando pela planta e desenhando, à mão e a lápis, o fluxo de produção (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 15).

Para facilitar esta atividade, são usados alguns ícones comuns à ferramenta, mas que, certamente, também podem ser adaptados à fábrica. Neste trabalho, foram utilizados os ícones encontrados em Rother e Shook (2007), que podem ser vistos nas figuras 12a, 12b e 12c a seguir:

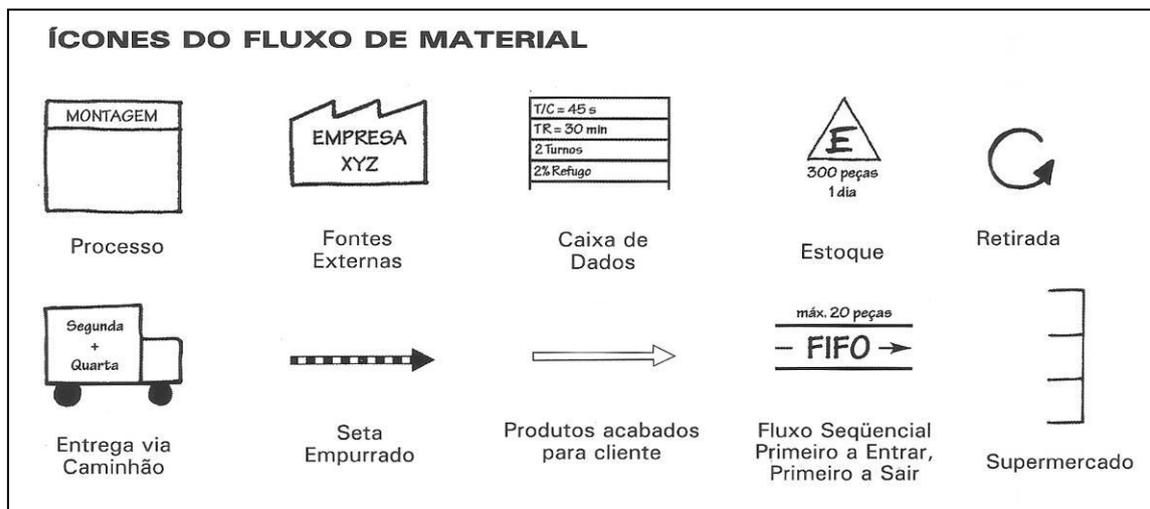


Figura 12a. Ícones do fluxo de material (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).

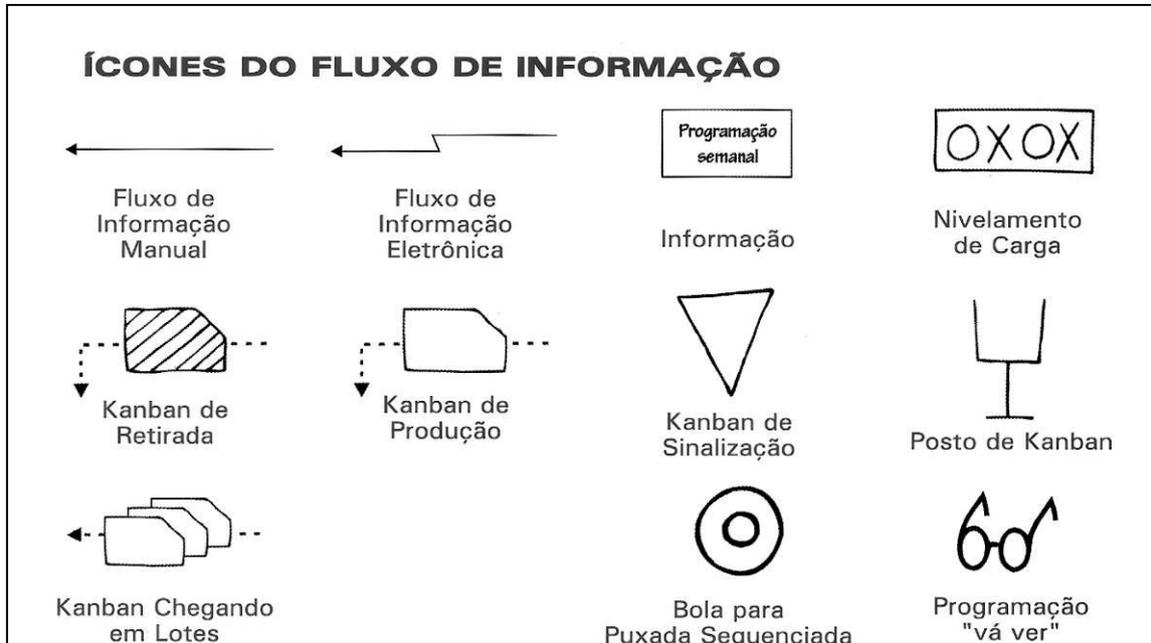


Figura 12b. Ícones do fluxo de informações (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).

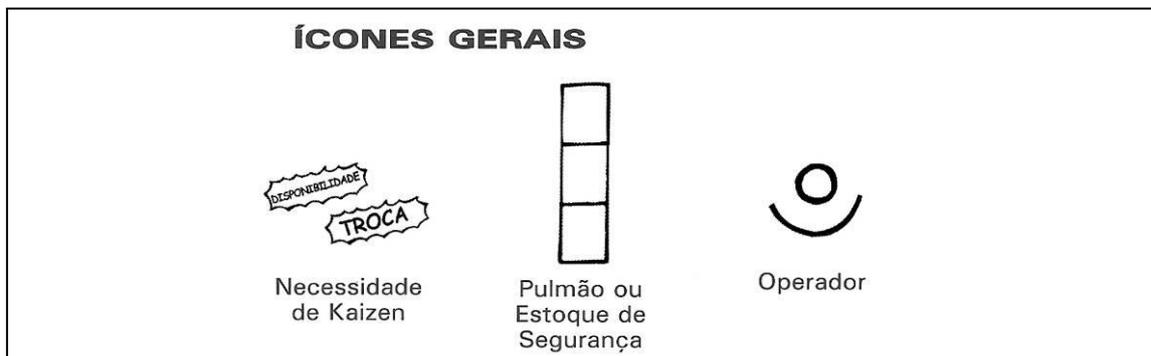


Figura 12c. Ícones gerais (fonte: ROTHER e SHOOK, 2007).

### 5.1.2 Dados da produção utilizados pelo MFV

Várias informações sobre a produção devem ser obtidas nos processos da fábrica. Algumas terão que ser calculadas por não estarem disponíveis. Estes dados estão explicados a seguir:

- a. Família de produtos: esta é a informação inicial, que vai definir qual o fluxo de produção que será analisado. Uma família é composta por aqueles produtos que são processados por equipamentos em comum, passando por processos semelhantes (ROTHER e SHOOK, 2007, p. 6).
- b. Número de variações do produto: dentro da família de produtos, em geral, há variações no tipo de produto. Por exemplo, em uma fábrica de creme dental pode-se definir a família de produtos como os cremes dentais de massa branca e listras coloridas. Dentro desta família haverá a variação de cores/sabores das listras, como hortelã (verde) e menta (azul). Desta forma, neste exemplo, o número de variações do produto é dois.
- c. Demanda do cliente: este dado se refere a quantos produtos, ou itens, ou peças, ou unidade de peso etc, a fábrica entrega ao cliente em um determinado período de tempo. Varia bastante de fábrica para fábrica, de indústria para indústria, ou mesmo de cliente para cliente. Por exemplo, a demanda pode ser 14.000 cartuchos de creme dental por semana, ou 20 toneladas de açúcar por mês, ou 1 filme longa-metragem por ano, ou 1 navio a cada dois anos etc. No entanto, para o cálculo do *lead time*, que será explicado mais adiante, será necessário utilizar a demanda diária do cliente, de forma que é preciso converter a demanda mensal, semanal etc para a demanda por dia.
- d. Frequência de entrega aos clientes: a frequência que a fábrica entrega os produtos aos clientes. Pode ser bastante diferente da demanda do cliente. Por exemplo, um cliente cuja demanda seja de 14.000 itens por semana pode querer receber 2.000 itens por dia. A frequência de entrega ao cliente seria, neste exemplo, diária.
- e. Formato (paletização) da entrega aos clientes: quantidade de itens por *pallets*, a organização do *pallet*, o formato de acondicionamento dos produtos etc para entrega ao cliente. Dentro do exemplo de creme dental, o cliente pode querer que, entre os 2.000 itens entregues diariamente, 800 sejam do tipo hortelã e 1.200 de menta. Ainda, ele pode querer que a entrega seja feita em caixas de 20 itens cada uma, e que em cada caixa, todos os itens sejam de um mesmo tipo, por exemplo.
- f. Meio de transporte da entrega aos clientes: o meio de transporte, que pode ser caminhões, navio, avião ou algum meio específico, utilizado pela fábrica para entregar os produtos ao cliente. Deve ser criado um ícone para representar cada tipo de meio de transporte utilizado.
- g. Número de operadores: quantos operadores trabalham em cada processo.
- h. Tamanho dos lotes de produção: quantos itens compõem o lote de cada processo.

- i. Estoque: qual a quantidade do estoque gerado por cada processo. Este dado deve ser coletado *in loco*, com a observação e, se possível, contagem do estoque no momento do levantamento do estado atual. Em algumas situações, o estoque será muito elevado, e será preferível adotar o valor já calculado pela empresa e disponível no sistema de informação.
- j. Taxa de refugo: quantidade de material descartado por falta de qualidade em relação a um período de tempo.
- k. Tempo disponível de trabalho: este dado se refere ao tempo disponível para produção, em termos de tempo por turno, descontados os intervalos programados, e quantidade de turnos. Esta informação também será utilizada para cálculo do *lead time*, quando a quantidade de estoque em peças será convertida para estoque em dias. Difere do que se pode chamar de “tempo de operação efetiva”, que é o tempo que o equipamento realmente funciona, considerando sua eficiência, sendo portanto, menor que o “tempo disponível de trabalho”. O “tempo de operação efetiva” é chamado, em manutenção, de disponibilidade do equipamento (que será abordado no próximo item).
- l. Disponibilidade do equipamento: “o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação está disponível para operar ou em condições de produzir” (PINTO e NASCIF, 2001), em relação ao tempo total. A disponibilidade do equipamento pode ser vista nas empresas como a eficiência do equipamento. É importante coletar essa informação, uma vez que, mesmo descontadas as paradas programadas, que leva ao tempo de trabalho, há ainda as paradas inesperadas, devido a quebras ou baixa de produção dos processos. Multiplicando-se o tempo de trabalho pela eficiência do centro, tem-se o tempo de operação efetiva.
- m. Confiabilidade do equipamento: “a probabilidade de que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso” (PINTO e NASCIF, 2001). Chama-se de falha as ocasiões em que um equipamento não desempenha a função requerida a ele, podendo ser uma interrupção do processo produtivo, a instabilidade da operação, uma queda na produção ou mesmo a perda de qualidade do produto e conclui-se que, quanto maior a quantidade de falhas de um equipamento em um período, menor é a sua confiabilidade (LEÃO, 2006, p.22).
- n. Tempo de troca (tempo de *set-up*): o *set-up* é o período de interrupção da produção para preparação, montagem e ajustes da máquina para mudança de tipo de produto fabricado, indo até o momento em que o produto é fabricado conforme a especificação de qualidade e que a máquina produz no seu ritmo normal (LEÃO, 2006, p.24).

- o. Tempo de ciclo: “tempo entre as unidades sucessivas saindo do final da linha” (JACOBS e CHASE, 2009, p.102), ou, em outras palavras, “tempo médio entre unidades de recursos de saídas emergindo do processo” (SLACK *et al*, 2009, p.106). Este dado pode ser coletado com uso de um cronômetro, contando o tempo entre a saída de um produto e a saída do próximo, no mesmo centro de trabalho. Em alguns casos, o tempo de ciclo pode ser muito pequeno, deixando a medida com uso do cronômetro bastante suscetível a erro, pois a habilidade pessoal de quem usará o cronômetro influenciará muito no resultado. Neste caso, vale a pena medir o tempo de saída de um lote, ou de uma grande quantidade de produto e em seguida dividir pelo número de produtos fabricados, para encontrar o tempo de ciclo de cada item. Este valor é abreviado como “T/C” e sua unidade de medidas é o segundo.
- p. Takt time: “É calculado dividindo o tempo disponível de trabalho pelo volume demandado pelo cliente” (BURGER, 2004, p.44), como mostra a equação 2, abaixo.

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível de trabalho}}{\text{demanda do cliente}} \quad (2)$$

Como o tempo disponível de trabalho é medido em segundos por dia (ou minutos por dia etc) e a demanda do cliente é medida em quantidade de peças por dia, matematicamente, o *takt time* teria a unidade de medida de segundo/peça. No entanto, é comumente tratado na literatura apenas com unidade de tempo, em geral o segundo. O *takt time* indica quanto tempo deve ocorrer entre a saída de uma peça pronta e de outra, por isso, dá ao gestor a noção do ritmo que o processo deveria estar produzindo (BURGER, 2004, p.44), de forma que a meta do gestor deve ser sincronizar o tempo *takt* e o tempo de ciclo (DENNIS, 2008, p.70). Ferreira (2004, p.121) faz o cálculo do *takt time* considerando a demanda do que entende como seu cliente interno, que no caso se tratava de uma montagem final, e o que chama de “tempo operacional líquido” para produzir. Apesar de não deixar claro se considera o “tempo disponível para trabalho” ou o “tempo de operação efetiva” (definidos anteriormente, nos itens k e l), a nomenclatura que usou permite supor que se trata do “tempo de operação efetiva”. Esta relação pode ser vista na equação 3, abaixo:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo de operação efetiva}}{\text{demanda do cliente}} \quad (3)$$

É importante definir o tempo utilizado para o cálculo do *takt time* porque ele servirá como parâmetro do ritmo de produção que deve ser alcançado. Se for calculado pelo “tempo disponível para trabalho”, o ritmo buscado será mais lento do que se for

calculado pelo “tempo de operação efetiva”. Ferreira (2004, p.121), então, compara o *takt time* com o tempo de ciclo individual de cada processo do fluxo. Rother e Shook (2003, p. 44) calculam o *takt time* pela razão entre o “tempo disponível de trabalho” e a demanda do cliente (que, como não fazem nenhuma observação contrária, pode-se considerar que se trata do cliente externo). Estes autores comparam o *takt time* com o tempo de ciclo do processo que será estabelecido, no mapa futuro, como o processo puxador (aquele que recebe a ordem de produção).

- q. Tempo de agregação de valor: também chamado de “tempo de processamento”, é o tempo das tarefas que de fato transformam o produto e pelas quais o cliente está disposto a pagar (ROTHER e SHOOK, 2003, p. 21). Os tempos de processamento aparecem na parte inferior da linha do tempo no mapa atual. Rother e Shook (2003, p. 31) igualam o tempo de processamento ao somatório dos tempos de ciclo de cada processo (2003, p. 31 e 33). Este cálculo também é utilizado por Vieira (2006, p.72). Ferreira (2004, p.122) não explicita a definição do tempo de processamento como o somatório dos tempos de ciclo, mas pela figura 29 do seu trabalho, percebe-se que adota a mesma metodologia.
- r. Lead Time: diante do objetivo da ferramenta de MFV, o *lead time* considerado se refere ao *lead time* de fabricação, ou seja, o tempo que o produto leva ao longo do processo, desde a chegada à fábrica na forma de matéria-prima até a saída da fábrica como produto acabado, e não o *lead time* de atendimento, que vai desde a solicitação do cliente até a entrega ao mesmo (BURGER, 2004, p.65). Na visão do MFV, o *lead time* é calculado pelo somatório dos estoques em dias (Eq.4), que são calculados pelas razões das quantidades de estoque pela demanda diária do cliente (Eq. 5) (ROTHER e SHOOK, 2003, p. 30; FERREIRA, 2004, p.119; VIEIRA, 2006, p.50).

$$Lead\ Time = \sum Estoque\ em\ dias \quad (4)$$

$$Estoque\ em\ dia = \frac{Quantidade\ em\ estoque}{Demanda\ diária} \quad (5)$$

- s. Eficiência do fluxo: Vieira (2006, p.50) considera que a eficiência do fluxo de valor é obtida dividindo-se o somatório dos tempos de ciclo pelo *lead time* total (Eq.6).

$$Eficiência\ do\ fluxo = \frac{tempo\ total\ de\ processamento}{lead\ time\ total} \quad (6)$$

Como este autor também considera o somatório dos tempos de ciclo como o tempo total de processamento, a relação proposta por ele para cálculo da eficiência do fluxo é

a mesma proposta por Ferreira (2004, p. 119) para calcular o que este chamou de percentual de valor agregado ao processo (VAR).

É importante não confundir a eficiência do fluxo (que trata de todo o fluxo produtivo que está sendo analisado pela MFV) com a eficiência do centro de trabalho (relacionado à eficiência do equipamento – ou disponibilidade do mesmo – ou dos operadores).

- t. Demanda aos fornecedores: quantos produtos, ou itens, ou peças, ou unidade de peso etc, a fábrica recebe do fornecedor por um determinado período de tempo.
- u. Frequência de entrega dos fornecedores: qual a frequência que a fábrica recebe a mercadoria dos fornecedores.
- v. Formato (paletização) da entrega dos fornecedores: qual a composição dos lotes de entrega e a organização dos mesmos em caixas, tonéis, barris etc que a fábrica recebe dos fornecedores.
- x. Meio de transporte da entrega dos fornecedores: o meio de transporte que os fornecedores usam para entregar as mercadorias à fábrica

Liker e Meier (2007, p.59) ressaltam que:

“o principal objetivo do primeiro mapeamento do estado atual consiste em entender a condição do fluxo de material no fluxo de valor e identificar os inibidores do fluxo, bem como compreender o processo de fluxo de informações e o nível de atividade necessário para sustentá-lo”.

Os autores destacam ainda que os dados para a atividade inicial de mapeamento do fluxo de valor devem ser mantidos em um nível global, utilizando estimativas aproximadas (LIKER e MEIER, 2007, p.59), uma vez que, na tentativa de obter um dado muito preciso pode-se levar tanto tempo que, ao final do processo, o valor do dado já tenha se alterado.

Uma das soluções que podem ser encontradas ao se realizar o MFV é adotar o sistema *kanban* em uma ou mais etapas do processo, de forma a melhorar tanto o fluxo de materiais (estabilizando-o e evitando a superprodução) como o fluxo de informações (que passam a ser transferidas do centro consumidor ao centro fornecedor, diretamente). Não é uma solução simples de ser implantada, pois exige muito conhecimento da ferramenta, como também a capacidade de adaptá-la à realidade da empresa. O sistema *kanban* será descrito a seguir.

## CAPÍTULO 6: KANBAN

O *kanban* é um sistema de ordem e controle da produção que busca sincronizar a fabricação entre as etapas produtivas, inclusive entre a fábrica e o fornecedor (DENNIS, 2008, p. 89). A tradução literal do termo *kanban* é “registro visível” e geralmente é utilizado na forma de um cartão que contém informações da produção, mas pode ser utilizado de diversas outras formas (MOURA, 1989, p. 26), como um espaço vazio no piso, por exemplo.

Em um processo que utiliza o *kanban*, é comum encontrar “supermercados” ou lojas, que são miniestoque controlados dos quais os clientes retiram os itens que usarão nas suas etapas de fabricação. Utilizam-se supermercados porque muitos fatores impossibilitam a produção unitária de peças que passem de uma etapa a outra no momento em que são fabricadas (o que seria o ideal na visão do *just-in-time*). Dennis (2008, p. 94) aponta alguns destes fatores, como:

- Tempos de ciclo diferentes entre as etapas de fabricação: alguns processos têm um tempo de ciclo menor que outros e atendem a diversas famílias de produtos, enquanto outros possuem um tempo longo, de forma que não é possível alocá-los em uma célula linear.

- Distância física entre as etapas dos processos: se os processos estiverem distantes um do outro, não é prático movimentar uma peça de cada vez.

O supermercado controla a produção do fornecedor que o abastece por meio de um *kanban* (DENNIS, 2008, p. 94), o que o diferencia de um estoque de uma produção empurrada, que serve para armazenar a produção do fornecedor e não para controlá-la.

### 6.1 Cartões *kanban*

Existem dois tipos de cartão *kanban* (MOURA, 1989, p. 39; TUBINO, 1999, p. 88; DENNIS, 2008, p. 91):

1. *kanban* de produção: autoriza o fornecedor a produzir a quantidade e o tipo de peças especificadas pelo cartão. Este *kanban* substitui as ordens de produção emitidas tradicionalmente pelo departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP) (TUBINO, 1999, p. 88). Sua circulação ocorre entre o quadro

porta-*kanban* e o supermercado ou miniestoque de saída do centro de trabalho produtor. Desta forma, este cartão só pode estar em dois lugares: pendurado no quadro indicando a necessidade de fabricação daqueles itens ou acompanhando o *container* com as peças produzidas no supermercado (ou miniestoque de saída) (PACE, 2003, p. 13). Este *container* pode ser um carrinho, um tanque, um tambor etc, ou seja, é apenas o artefato que acondiciona os itens produzidos no lote.

As informações sugeridas na literatura para fazerem parte do cartão *kanban* de produção variam, havendo a coincidência na maioria dos seguintes dados para Moura (1989, p. 39), Tubino (1999, p. 89); Pace (2003, p. 14) e Dennis (2008, p. 92):

- a. código do item a ser produzido,
- b. processo produtivo ou estação de trabalho onde será produzido o item,
- c. capacidade do *container*, ou seja, a quantidade de produtos que cada cartão representa (em unidades, peso, volume etc),
- d. área de entrega ou localização no estoque,
- e. materiais necessários para a fabricação do item e localização dos mesmos.
- f. número do cartão em relação ao número total de cartões para esse item (ex: 1/15 indica cartão 1 do total de 15 cartões) - apontado apenas por Tubino (1999, p. 90) e Dennis (2008, p. 92).

2. *kanban* de retirada, movimentação ou requisição: autoriza o cliente a retirar/movimentar a quantidade e o tipo de peças especificadas pelo cartão. Este *kanban* se movimenta entre o miniestoque de saída (ou supermercado) do centro fornecedor e o miniestoque de entrada do centro consumidor (PACE, 2003, p. 22). As informações sugeridas na literatura para o cartão *kanban* de movimentação também variam, havendo a coincidência na maioria dos seguintes dados para Moura (1989, p. 39), Tubino (1999, p. 89), Pace (2003, p. 14) e Dennis (2008, p. 92):

- a. código do item a ser movimentado,
- b. processo anterior (de onde foi retirado) e localização no mesmo
- c. processo posterior (para onde foi levado) e localização no mesmo
- d. capacidade do *container*, ou seja, a quantidade de produtos que cada cartão representa (em unidades, peso, volume etc),

- e. número do cartão em relação ao número total de cartões para esse item (ex: 1/15 indica cartão 1 do total de 15 cartões) – desta vez apontado por todos os autores citados acima.

Pace (2003, p.13-16) sugere a existência de três tipos de cartões, acrescentando aos acima descritos o cartão de aquisição, que é um cartão de movimentação específico para utilização entre o cliente externo e o armazém de produto acabado. Já Tubino (1999, p. 91) sugere a utilização de um cartão *kanban* de fornecedor, para ser usado entre a fábrica e o fornecedor externo, como uma ordem de compra.

Um sistema *kanban* convencional utiliza os dois tipos de cartões descritos inicialmente e o quadro porta-*kanban*. Para explicar o funcionamento deste sistema, é importante entender a função do miniestoque de entrada. Este miniestoque é o estoque de itens que estão sendo consumidos pelo centro de trabalho. Por exemplo, se o *kanban* de produção autorizou o centro de trabalho I a fabricar 1.000 peças que compõem 1 *container*, quando o mesmo for retirado do supermercado do centro fornecedor e levado ao centro consumidor, ele ficará no miniestoque de entrada até que as 1.000 peças sejam utilizadas.

O funcionamento do sistema *kanban* ocorre da seguinte forma (PACE, 2003): quando o centro consumidor (centro II) precisa de determinado item para fabricar seus produtos (sua matéria-prima é o produto do centro de trabalho anterior a ele, ou seja, do seu fornecedor interno), o operador deste centro ou um profissional responsável pelo abastecimento vai até o supermercado do centro fornecedor levando o *container* vazio com um cartão *kanban* de movimentação. Chegando ao centro fornecedor (centro I), deixa o *container* vazio, transfere o *kanban* de movimentação para um *container* cheio do mesmo item e o leva para o seu centro de trabalho (centro II). Desta forma, o cartão de movimentação está sempre entre o supermercado (ou miniestoque de saída) do centro fornecedor (centro I) e o miniestoque de entrada do centro consumidor (centro II). Antes de retornar ao seu posto de trabalho, este funcionário (ou o abastecedor) retira o *kanban* de produção que estava no *container* cheio e o coloca no quadro porta-*kanban* do centro fornecedor (centro I), para que este centro entenda que aquela quantidade de itens que ele havia produzido já foi retirada para consumo e que ele precisa fabricar mais.

O operador do centro de trabalho I vai até o quadro porta-*kanban* do seu centro de trabalho e observa o que deve produzir (o quadro porta-*kanban* será explicado em seguida). Ao produzir os itens identificados em um dos cartões *kanban* pendurados no quadro, o operador retira o cartão do quadro e o coloca no *container* com as peças produzidas. Leva

então este *container* cheio para o seu supermercado (ou miniestoque de saída), ou seja, o supermercado do centro I.

O ciclo continua quando o operador do centro consumidor (o centro II) for até o supermercado do centro I retirar o *container* com os itens que precisar para o seu trabalho.

## 6.2 Quadro Porta-kanban

O quadro porta-*kanban*, quadro-*kanban* ou ainda painel porta-*kanban*, nada mais é do que uma placa onde os cartões *kanban* ficam presos e expostos. Ele recebe os cartões *kanban* de produção que são retirados dos *containers* cheios quando estes são levados para serem consumidos.

É pelo quadro *kanban* que o centro produtor tem o controle visual da produção.

A particularidade do quadro são as faixas horizontais pintadas.

Pace (2003, p. 17) sugere que haja três faixas (a primeira, que fica mais no alto, de cor vermelha, uma intermediária amarela e uma inferior verde) e em cada faixa um parafuso ou prego onde se prendem os cartões *kanban*. Estes pregos teriam a profundidade apropriada para suportar a quantidade de cartões estipulada, sendo os da faixa vermelha capazes de suportar apenas 1 cartão, os da faixa amarela suportariam 1/3 dos cartões restantes e os da faixa verde os outros 2/3 dos cartões. A figura 13, a seguir, mostra um esquema deste tipo de quadro-*kanban*:

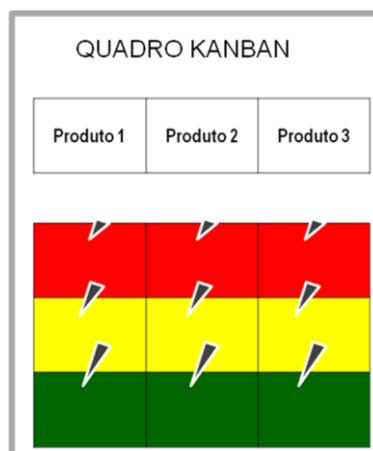


Figura 13. Exemplo de modelo de quadro-*kanban* proposto por Pace (adaptado de PACE, 2003, p. 17).

Tubino (1999, p. 94), por sua vez, propõe a utilização de quadros com faixas (linhas) que só acomodem 1 cartão e nesse caso, fazem-se mais de 3 faixas, ou seja, 1 faixa vermelha, a quantidade de faixas amarelas para acomodar  $1/3$  dos cartões e a quantidade de faixas verdes para acomodar os  $2/3$  restantes. Em outras palavras, neste tipo de quadro, há a mesma quantidade de linhas quanto há cartões *kanban* de produção. A figura 14, abaixo, esquematiza esta opção de quadro.

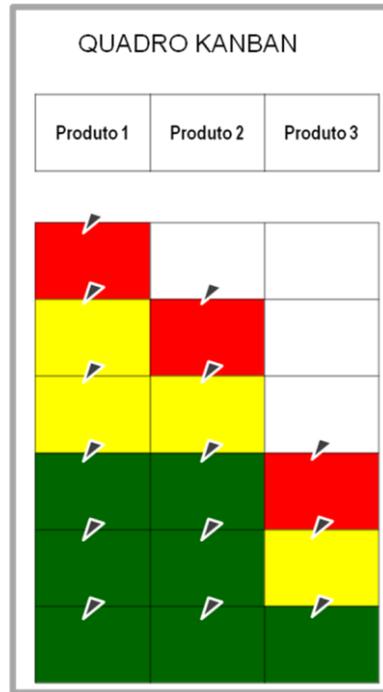


Figura 14. Exemplo de modelo de quadro-*kanban* proposto por Tubino (adaptado de TUBINO, 1999, p. 94)

Pace (2003, p. 31) e Tubino (1999, p. 94) sugerem o uso do quadro *kanban* considerando que as colunas representam os tipos de produto que podem ser fabricados. Como cada coluna é dedicada a um tipo de produto, no caso do quadro proposto por Tubino, haverá colunas com mais linhas que outras. No caso do quadro proposto por Pace, haverá a mesma quantidade de linhas para todo tipo de produto, havendo diferença apenas no número de cartões (já que neste caso, cada linha pode acomodar mais de um cartão).

Nota-se que não há um modelo padrão para o quadro. Muitas vezes ele é até suprimido, quando se prefere, por exemplo, pintar as faixas no piso (PACE, 2003, p. 17) ou usar formas alternativas de *kanban*, como guias de gravidade (MOURA, 1989, p. 56).

Tubino (1999, p. 94) e Pace (2003, p. 17 e p. 18) explicam que o *kanban* retirado do *container* cheio que foi levado para o centro consumidor deve ser colocado no primeiro espaço inferior disponível e que, ao ser completa a produção que preenche um *container*, o operador do centro fornecedor deve retirar o cartão mais acima do quadro e colocá-lo no

container cheio. O centro fornecedor deve fazer os pedidos especificados pelos cartões vindo de cima para baixo. A existência de um cartão *kanban* na faixa vermelha indica uma urgência. Significa que o centro consumidor já levou todos os produtos fabricados pelo centro fornecedor. Cartões na faixa amarela sugerem atenção e nas faixas verdes indicam “condições normais de operação” (TUBINO, 1999, p. 94).

Tubino (1999, p. 93) sugere a existência de dois quadros porta-*kanbans*: um para cartões de produção e outro para cartões de movimentação. Para este sistema, há um profissional abastecedor com a exclusiva função de movimentar os *containers*, ao invés de isso ser feito pelo operador do centro consumidor. A adoção do quadro porta-*kanban* de movimentação entra em conflito com o sistema proposto por Pace (2003) de utilização do *kanban* de movimentação, que estaria sempre no *container* (cheio, em consumo, ou vazio) e seria transportado pelo operador do centro consumidor.

### 6.3 Cálculo da quantidade de cartões

Existem algumas equações para definição do número de cartões *kanban* que devem ser utilizados no sistema.

Tubino (1999, p. 104) apresenta a seguinte equação:

$$N = \left[ \frac{D}{Q} \cdot T_{prod} \cdot (1 + S) \right] + \left[ \frac{D}{Q} \cdot T_{mov} \cdot (1 + S) \right] \quad (7)$$

Em que:

N = número de cartões *kanban* no sistema = quantidade de *containers*;

D = demanda média diária do item = consumo diário do item pelo centro consumidor;

Q = quantidade de itens por *container* (tamanho do lote por *container* = capacidade do *container* = quantidade autorizada por cartão);

$T_{prod}$  = tempo de produção. É consumido pelo centro produtor do item que vai compor o *container* e inclui o tempo de preparação do item, o tempo do carregamento do *container* e o tempo de espera do *container* no supermercado do centro produtor. Esta variável pode ser calculada pelo somatório dos tempos dividido pela quantidade de tempo disponível no dia ou mesmo fazendo o inverso da frequência de fabricação deste item por dia

(ex: um item será fabricado 8 vezes por dia, logo a sua produção utilizará 1/8 do dia) (TUBINO, 1999, p. 105), pois esta idéia inclui o tempo de preparo, de enchimento do *container* e da espera do mesmo no supermercado;

$T_{mov}$  = tempo de movimentação. É consumido pelo centro consumidor, à medida que os itens do *container* são consumidos até que o mesmo fique vazio e retorne ao centro produtor, incluindo os tempos de movimentação. O período do dia também pode ser modificado em relação ao período de um turno (TUBINO, 1999, p. 105);

S = fator de segurança. Tubino (1999, p.105 e p. 106) não sugere uma faixa para que este fator de segurança se situe, mas utiliza nos seus exemplos valores entre 5% e 15%, embora não apresente uma justificativa para a escolha destes valores.

Pace (2003, p.44) sugere a seguinte equação:

$$C = \frac{U}{A} \cdot L \cdot (1 + \alpha) \quad (8)$$

Em que:

C = número de cartões *kanban* no sistema = quantidade de *containers*;

U = demanda média diária do item = consumo diário do item pelo centro consumidor;

A = quantidade de itens por *container* (tamanho do lote por *container* = capacidade do *container* = quantidade autorizada por cartão);

L = período do *container* (tempo de produção + tempo de movimentação) = tempo total para um cartão *kanban* de produção completar um ciclo produtivo, somado ao tempo para um cartão *kanban* de movimentação completar um circuito, ambos em percentual do dia;

$\alpha$  = fator de segurança. Pace (2003, p.43) estipula que o fator de segurança deve variar entre 0 e 25%, mas também não explica a razão da escolha destes valores.

Fazendo-se a igualdade das variáveis N e C, D e U, Q e A, S e  $\alpha$ , são necessárias poucas operações matemáticas para se perceber que  $L = T_{prod} + T_{mov}$ , e que as duas equações são equivalentes.

#### 6.4 Sistema *kanban* com apenas um cartão

Moura (1989, p. 57) aponta que é possível também adotar um sistema *kanban* que unifica os dois cartões em um único cartão. O miniestoque de entrada do centro consumidor (centro II) é eliminado, havendo apenas supermercado do centro fornecedor (centro I), que, no entanto, é alocado próximo ao centro consumidor (centro II). O supermercado fica bastante reduzido, sendo o número de *containers* neste espaço limitado a um ou dois.

Neste sistema, o centro fornecedor (centro I) produz para manter o supermercado cheio. “As peças são produzidas e pedidas de acordo com um programa diário” e o cartão *kanban* utilizado é o de movimentação (MOURA, 1989, p. 57).

Eles são transferidos de um quadro porta-*kanban* para o *container* cheio do supermercado no momento em que o *container* é levado para o centro consumidor (centro II) para ser utilizado (MOURA, 1989, p. 58).

Moura (1989, p. 57 e p.59) observa que o sistema com um cartão utiliza o sistema empurrado para a fabricação do centro fornecedor, seguindo um planejamento diário de produção, e o puxado para as entregas dos itens aos centros consumidores, enquanto que o sistema de dois cartões utiliza o sistema puxado tanto para a produção do centro I como para a entrega para o centro II.

Ao adotar-se um sistema apenas com o cartão *kanban* de produção, deve-se utilizar apenas a primeira parte da equação 7, como proposto por Tubino (1999, p.104) para calcular o número de cartões no sistema, chegando-se à equação 9, abaixo:

$$N = \frac{D}{Q} \cdot T_{prod} \cdot (1 + S) \quad (9)$$

ou substituir o L da equação 8 por  $T_{prod}$ , como proposto por Pace (2003, p. 44), chegando-se à equação 10, abaixo:

$$C = \frac{U}{A} \cdot T_{prod} \cdot (1 + \alpha) \quad (10)$$

Adaptando um exemplo de Tubino (1999, p. 105), pode-se esclarecer a utilização da equação proposta. Considere-se que um centro de trabalho consumidor demande  $D=51.000$  itens por dia, que o *container* utilizado seja capaz de conter  $Q=5.000$  itens, que o centro fornecedor leve um tempo total de produção para encher um *container*  $T_{prod} = 1/3$  do dia (ou 1 turno em um dia com 3 turnos trabalhados) e que o fator de segurança adotado seja de

S=10%. Substituindo os valores na equação 9, obtém-se a quantidade de cartões *kanban* de produção que devem ser adotados pelo sistema:

$$N = \frac{51.000}{5.000} \cdot \frac{1}{3} \cdot (1 + 0,10) = 3,74 \cong 4 \text{ cartões}$$

Para a execução do caso prático, as definições de sistemas de produção, tipos de processos e de leiautes foram utilizadas sem que se apresentassem dificuldades na identificação e classificação.

Já na aplicação do MFV e do sistema *kanban*, foram necessárias algumas alterações das teorias para adequação à realidade da fábrica estudada.

A metodologia utilizada está apresentada a seguir.

## CAPÍTULO 7 – METODOLOGIA

A fase inicial do trabalho foi dedicada à pesquisa de fontes bibliográficas que permitissem um maior aprofundamento teórico sobre os temas.

Após uma forte inserção nos vários materiais encontrados na literatura sobre Gestão da Produção, foi intensificado o conhecimento sobre os sistemas de produção, os tipos de processos produtivos e de leiaute e elaborado o texto da fundamentação teórica. As obras de muitos autores foram consultadas e os principais autores estudados sobre estes temas foram Womack, Slack e Ritzman & Krajevsky.

A identificação dos tipos de processos e de leiautes foi realizada pela comparação das descrições encontradas na literatura, reunidas nos capítulos 3 e 4 deste trabalho, com a realidade da empresa pesquisada.

A escassez de trabalhos sobre como aplicar o mapeamento de fluxo de valor (MFV) foi um dos fatores que motivaram a realização deste estudo. Desta forma, como já esperado, poucos trabalhos que explicassem o funcionamento do MFV, e não apenas apresentassem o resultado obtido, foram encontrados. Os autores Rother e Shook se destacam como mais citados nas pesquisas que abordam o assunto, no entanto, duas dissertações de mestrado, de Vieira e de Ferreira, se mostraram mais explicativas e foram fortemente utilizadas para a pesquisa sobre o tema e para a aplicação prática.

Para a definição da família a ser trabalhada pelo MFV, não foi utilizado nenhum dos critérios citados por Vieira (2006, p.67), que usou a família com maior percentagem de faturamento para a empresa, ou Ferreira (2004, p. 113), que trabalhou a família considerada *core business*. Uma vez que não haveria apoio de uma consultoria especializada, a família de *shampoos* foi escolhida por ter um processo relativamente simples em relação a outras famílias da fábrica, o que facilitaria o andamento e o sucesso da experiência, o que, por sua vez, motivaria a realização do MFV nas outras famílias.

O fluxo de material foi seguido no sentido da expedição ao início do processo, utilizando a metodologia da MFV encontrada na literatura, em algumas caminhadas pela fábrica.

Destas caminhadas, foram identificados os processos utilizados na produção da família de *shampoos*. Apesar de importantes, as etapas de controle de qualidade não foram consideradas como processos nesta pesquisa por não interromperem o processo de produção. Em algumas situações de mudança de programação, pode acontecer de o tipo de produto que

entrou na programação estar com o lote sendo avaliado pelo setor de qualidade, e neste caso, a produção precisa esperar ou colocar outro tipo de produto na frente. No entanto, não há registro de tempo de interrupção do processo nesta situação e ela não ocorreu durante as visitas à fábrica para levantamento do fluxo. Existem tipos de produção em que o controle de qualidade leva muito tempo para ser realizado, e neste caso, é recomendado que seja considerado um processo, uma vez que tem influência no *lead time* e no tempo de processamento, como acontece na pesquisa realizada por Vieira (2006, p.71). Não é o caso do presente estudo e por isso, o controle de qualidade não foi considerado uma etapa do processo.

Para cada processo, foram analisados os dados de produção, como tempo de ciclo, tempo de *set-up*, eficiência, número de máquinas e de operadores.

O tempo de processamento, que aparece na parte inferior da linha do tempo no mapa atual, foi calculado pela soma dos tempos de ciclo de cada processo que compõe o fluxo analisado. Ferreira (2004, p. 116) utilizou um cronômetro para medir o tempo de ciclo, no entanto, naquele estudo, os tempos de ciclo variavam em dezenas de segundos. No estudo de caso do presente trabalho, os tempos de ciclo são frações de segundo, o que deixaria a medição com cronômetro falha. Desta forma, o tempo de ciclo foi calculado com base no tempo de fabricação de um lote de cada processo para depois ser convertido para o tempo de ciclo referente à produção de um único frasco. O cálculo utilizou a equação 11, abaixo, em que T/C significa tempo de ciclo:

$$T / C_{\text{frasco}} = \frac{T / C_{\text{lote}}}{\text{tamanho do lote}_{\text{frascos/lote}}} \quad (11)$$

Considerando que o lote de produção de cada processo equivale a 14.127 frascos, chega-se à equação 12, abaixo:

$$T / C_{\text{frasco}} = \frac{T / C_{\text{lote}}}{14.127_{\text{frascos/lote}}} \quad (12)$$

No caso do centro de trabalho do PI, o processo leva 40 minutos, ou 2.400 segundos, para produzir o material para uma carga. Dividindo-se este valor pela quantidade de frascos equivalente à carga produzida, 14.127 frascos, foi obtido o valor do tempo de ciclo de 0,16988 segundo, que foi arredondado para 0,17 segundo (significa que a cada 0,17 segundo o material equivalente a um frasco é produzido por este centro). O tempo de ciclo do centro de trabalho do Processo foi calculado da mesma forma, apenas com mudança dos valores, já que

o centro leva 60 minutos, ou 3.600 segundos para fabricar o material equivalente a uma carga, levando ao valor de aproximadamente 0,25 segundo.

Já para o cálculo do T/C do processo de Envase, foi utilizada a velocidade da linha, que é de 120 frascos por minuto. Convertendo os valores, obtém-se que o T/C é de 0,5 segundo.

O tempo de *set-up* foi disponibilizado pelos centros de processo, que trabalham com um tempo definido de *set-up*.

A eficiência de cada centro foi informada pelos centros de trabalho.

Os estoques intermediários foram observados e registrados.

Para o cálculo do *lead time*, foi utilizada a metodologia proposta pela literatura, segundo a qual, o *lead time* é o somatório dos estoques em dias (ROTHER e SHOOK, 2003, p.30; VIEIRA, 2006, p.50). Ainda seguindo a metodologia da literatura, o cálculo do estoque em dias foi realizado pela divisão da quantidade de peças em estoque pela demanda diária do cliente (ROTHER e SHOOK, 2003, p.30; FERREIRA, 2004, p. 119; VIEIRA, 2006, p.50).

Para o cálculo da eficiência do fluxo, ou do percentual de valor agregado ao processo (VAR), foi utilizada a expressão (Eq. 6) proposta por Ferreira (2004, p. 119) e Vieira (2006, p.50). Para fazer o cálculo, Ferreira (2004, p. 119) transformou o tempo de processamento e o *lead time* em horas. Para seguimento do método, foi necessário considerar a quantidade de horas no dia de produção da fábrica, que, no caso prático, é de 20,6h por dia. Os tempos de ciclo de cada processo e, conseqüentemente, o tempo de processamento, também foram convertidos para horas.

Como visto na fundamentação teórica, não foi encontrada convergência na metodologia nos trabalhos pesquisados sobre MFV de como calcular exatamente o *takt time* e de como analisá-lo. Com isso, torna-se importante discutir mais detalhadamente a metodologia adotada no presente estudo.

Primeiramente, achou-se importante fazer o cálculo do *takt time* considerando o “tempo disponível de trabalho” como também considerando o “tempo de operação efetiva” (multiplicando a eficiência do processo pelo “tempo disponível de trabalho”), pois é comum encontrar processos robustos com eficiência entre 80% e 90%, o que diminui em 20% ou 10% o tempo de produção. Comparando-se o *takt time* baseado no “tempo disponível de trabalho” com o *takt time* baseado no “tempo de operação efetiva”, vê-se que o ritmo adotado pelo primeiro é mais suave que o segundo. Pode-se perceber, então, que adotar o *takt time* baseado do “tempo de operação efetiva” levará a uma meta mais difícil de ser alcançada, pois certamente as fábricas já se esforçam bastante para aumentar a eficiência dos seus processos,

antes mesmo de conhecerem o *takt time*. Por outro lado, o *takt time* baseado apenas no “tempo disponível de trabalho” deixará a meta “folgada”, pois considerará a eficiência (ou ineficiência) dos processos como fatos consolidados, não gerando estímulo para aumento da mesma.

No presente trabalho, o *takt time* foi calculado das duas formas:

a. Utilizando a equação 2, vista anteriormente:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível de trabalho}}{\text{demanda do cliente}} = \frac{20,6h}{92.307\ \text{fras cos}} = 0,00022h = 0,8s$$

b. Utilizando a equação 3, vista anteriormente:

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo de operação efetiva}}{\text{demanda do cliente}} = \frac{17h}{92.307\ \text{fras cos}} = 0,00018h = 0,66s$$

Para o cálculo com a equação 3, foi utilizada a eficiência do centro de trabalho do Envase, que é o considerado pela fábrica, e tem o valor de 82%.

Diante da reflexão sobre a melhor adequação da meta de aumento de eficiência do fluxo, foi decidido que a metodologia mais adequada é a de adotar o *takt time* obtido com a utilização do “tempo de operação efetiva” esperando-se que, se o *takt time* vier a ficar rígido por um aumento de demanda do cliente, a fábrica possa associar a melhoria necessária de atendimento do ritmo à melhoria da eficiência da linha.

O outro ponto a ser discutido sobre a definição da metodologia usada no trabalho é com que valor o *takt time* deve ser comparado: com o processo puxador (Rother e Shook, 2003, p.44), com cada um dos processos do fluxo (Ferreira, 2004, p. 121) ou com outro valor, como o tempo de processamento. Aqui vale a reflexão se o tempo de ciclo do último processo (puxador) é suficiente para a produção do produto acabado, considerando que o produto foi processado por outros centros de trabalho antes daquele, que consumiram tempo para processar o produto. Esta mesma reflexão se aplica à comparação do *takt time* com o tempo de ciclo de cada processo, ou se o mais apropriado não seria compará-lo ao tempo de processamento (a soma dos tempos de ciclo de cada centro de trabalho).

Uma vez que a fábrica tem tido sucesso no atendimento ao cliente, foi desfavorecida a metodologia que adota a comparação com o tempo de processamento. Além disso, ainda que o processo de Envase venha a ser um processo puxador no futuro, achou-se prudente utilizar a metodologia de comparar do *takt time* ao tempo de ciclo de cada centro de trabalho, a exemplo de Ferreira (2004, p.121). Acredita-se que esta metodologia irá permitir que *cases* de melhoria sejam realizados para cada centro, distribuindo melhor as capacidades de produção e nivelando melhor o ritmo de produção.

Seguindo a literatura, o mapa de fluxo de valor atual foi elaborado de forma que, na área inferior do mapa, encontre-se a linha de tempo. Os valores dos estoques em dias se encontram na parte de cima da linha, e o somatório, ou seja, o valor do *lead time*, se encontra na extremidade direita, ainda na parte de cima da linha. Os tempos de ciclo de cada centro de trabalho se encontram na parte de baixo da linha de tempo, e na extremidade direita, o somatório, ou seja, o valor do tempo de processamento.

Os principais autores pesquisados para a fundamentação teórica sobre o sistema *kanban* foram Pace e Tubino. No caso prático, o planejamento do sistema *kanban* foi realizado com o apoio de uma equipe da própria fábrica, o que permitiu a obtenção de dados de produção mais rapidamente e o desenvolvimento de um sistema adequado à realidade da produção da fábrica. Diversas reuniões semanais foram realizadas para a realização desta etapa. Nestas reuniões, foram discutidos desde o tamanho do *container* usado no sistema, ao entendimento da equação para definição da quantidade de cartões, definição e preparação de modelo do quadro-*kanban* e dos cartões *kanban*, planejamento do funcionamento do sistema até a preparação do treinamento para toda a empresa.

A metodologia encontrada na literatura mostra que uma das primeiras informações que deve estar clara para o planejamento de um sistema *kanban* é o tamanho do *container* que será usado. O tamanho do *container* para dimensionamento do sistema *kanban* foi estipulado com base no *container* do centro consumidor, chamado na fábrica de *batch*, pois, por se tratar de um tanque, com dificuldade de *set-up*, não era viável utilizá-lo com menos do que a sua capacidade máxima.

Para o cálculo do número de cartões *kanban*, foi utilizada a equação 10 (PACE, 2003, p.44), vista anteriormente:

$$C = \frac{U}{A} \cdot T_{prod} \cdot (1 + \alpha)$$

que, como mostrado anteriormente, equivale à equação 9, apresentada por Tubino (1999, p. 104), vista anteriormente:

$$N = \frac{D}{Q} \cdot T_{prod} \cdot (1 + S)$$

Para o cálculo da demanda (U ou D), foi utilizada a metodologia proposta por Tubino (1999, p.105) que permite a modificação do período de dia para turno. Assim, o U ou D foi considerado como a necessidade do centro de trabalho consumidor (processo) por turno, ou seja, a quantidade de massa consumida por ele. Esta informação não era utilizada pela empresa e foi obtida multiplicando-se a velocidade da linha de envase pela eficiência da linha

em porcentagem. A eficiência da linha é o tempo que ela produz com qualidade em relação ao tempo que ela tem de disponibilidade para rodar, que é o tempo total do turno reduzido dos tempos programados de parada, como domingos, feriados, 15' de ginástica laboral por turno, treinamentos, reuniões, manutenções preventivas, eventos externos, como falta de energia, testes na linha etc. Como a velocidade da linha é disponível em frascos/segundos, o valor obtido de velocidade considerando a eficiência foi ainda multiplicado pela quantidade de massa em cada frasco, gerando-se o valor de massa consumida por turno.

O  $T_{prod}$ , ou o tempo total para um cartão *kanban* completar um ciclo produtivo, em percentual do dia, não foi medido, e sim inferido. No caso prático, o centro produtor, o PI, não tem a medição do tempo que leva para pesar uma carga, pois nunca pesa apenas uma carga para um único tipo de *shampoo* e os operadores do centro não se disponibilizaram a fazer a operação para a medição do tempo. Desta forma, foi necessário que os operadores do centro inferissem esse tempo, o que levou ao valor de 40min para produção de uma carga. Foi feita a conversão de 40min para turno, obtendo-se o valor de 1/12 turno como demonstra a equação 13, a seguir:

$$T_{prod} = 40 \text{ min} \cdot \frac{1h}{60 \text{ min}} \cdot \frac{1turno}{8h} = \frac{40turno}{480} = \frac{1}{12} \text{ turno} \quad (13)$$

Utilizando-se este valor na equação 10, seguindo a literatura, obteve-se o valor de 1 cartão, como pode ser visto na equação 14, a seguir:

$$C = \frac{17.051 \text{ kg/turno}}{5.100 \text{ kg}} \cdot \frac{1}{12} \text{ turno} = 0,27 \text{ cartão} \cong 1 \text{ cartão} \quad (14)$$

Observando-se o valor obtido, foi percebido que seguir a metodologia proposta pela literatura não seria apropriado à realidade da fábrica, pois este valor poderia fazer sentido se o centro fornecedor produzisse exclusivamente para o centro consumidor, uma vez que o tempo de consumo do item é menor que o tempo de preparação (esta informação está embutida no valor da demanda). Se este fosse o caso, enquanto o *container* estivesse sendo consumido, o centro fornecedor teria bastante tempo para abastecer o supermercado. No entanto, o centro fornecedor produz para toda a fábrica, o seu tempo de trabalho não é exclusivo para esta família, e por isso acredita-se que esse valor não deve ser aplicado.

Com isso, decidiu-se considerar o tempo de espera que se pretende que ocorra. Foi estipulado o tempo de produção total igual a 1, considerando que contempla o tempo médio de 40 minutos necessários pelo PI para fabricar um *container* e o tempo de espera para serem retirados os outros 3 *containers* no supermercado.

Assim, se os 4 *containers* já estivessem prontos no início do turno, acredita-se que o tempo de espera seja o tempo total do turno, e mesmo que alguns *containers* ainda sejam fabricados pelo centro fornecedor, acredita-se que o tempo total (preparação, carregamento do *container* e espera do *container* do supermercado) seja o tempo total do turno ou o tempo que o estoque (supermercado) consegue suprir a necessidade do processo.

O valor do  $\alpha$  ou  $S$ , ou seja, do fator de segurança, foi estabelecido como 15%, de forma arbitrária, sendo escolhido dentro da faixa adotada pela literatura.

A identificação do tipo de processo e leiaute, a aplicação do mapeamento do fluxo de valor e o desenvolvimento de um projeto de aplicação do sistema *kanban* foram realizados em um estudo de caso. Muitas empresas foram cogitadas para serem estudadas, no entanto, muitas apresentavam uma ou outra dificuldade. A empresa onde ocorreu o estudo de caso foi escolhida por diversos motivos:

- ser uma grande empresa multinacional, acostumada a utilizar modernas técnicas de gestão (a maioria de origem japonesa) estando, desta forma, aberta à aplicação do mapeamento do fluxo de valor;
- disponibilizar o acesso aos dados de produção para uma pesquisa científica;
- facilitar o acesso à planta;
- existir um bom relacionamento da autora do trabalho com a liderança da fábrica.

Foram realizadas muitas visitas técnicas à empresa. Os dados utilizados foram obtidos de diversas formas: os documentados foram obtidos com profissionais da fábrica, outros foram medidos na planta industrial durante a execução deste trabalho, outros foram calculados com base em dados paralelos e outros ainda foram inferidos pela experiência de funcionários por não estarem documentados e não haver possibilidade de cálculo ou medição durante a execução desta pesquisa.

O projeto do sistema *kanban* foi realizado com o apoio de uma equipe multifuncional da produção da fábrica.

Os resultados da pesquisa foram obtidos com base nas descrições encontradas na literatura e comparação com a experiência prática.

A dissertação assume o formato de pesquisa exploratória e foi escrita com base nas normas da ABNT.

## CAPÍTULO 8: ESTUDO DE CASO, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 A empresa

A empresa observada é uma multinacional presente em mais de 100 países, que opera em 22 segmentos de mercados e está há 80 anos atuando no Brasil. A planta industrial estudada é uma fábrica de produtos de higiene pessoal e para casa localizada em Pernambuco.

A organização adota o sistema de gestão TPM (Manutenção Produtiva Total, ou Total Perfeição da Manufatura, como é chamada na empresa), o que indica a sua abertura para implantação de ferramentas de gestão avançadas e de origem japonesas. Desta forma, o caso prático desenvolvido se iniciou com o consentimento da empresa em ter o processo de fabricação de *shampoo* analisado para a realização do mapeamento de fluxo de valor, o que foi facilitado pela própria empresa já ter a intenção de mapear todos os seus processos.

Durante a coleta de dados para o mapeamento, a empresa expôs sua intenção de implantar um sistema *kanban* em uma etapa do processo, a qual já havia sido identificada como problemática.

Deste modo, tanto o mapeamento do fluxo de valor da família de *shampoos* como a implantação do *kanban*, assim como a identificação do tipo de processo e de leiaute, formaram o estudo de caso do presente trabalho.

A etapa do processo em que foi implantado o *kanban* também envolve o processo de fabricação de outras famílias de produtos, que, no entanto, não fazem parte do estudo deste trabalho.

### 8.2 Tipo de processo produtivo e leiaute da empresa em estudo

A figura 15, a seguir, apresenta o leiaute da fábrica e os centros de trabalho utilizados pela família de produtos estudada (*shampoos*).

Em azul, estão os centros de trabalho que processam a família de *shampoos*. Em verde, estão as áreas de apoio: o armazém, a área *buffer* (que é um pequeno armazém,

próximo às linhas de produção, onde ficam os materiais que serão usados na produção da semana), a área de cargas cortadas e o miniestoque onde ficam os pequenos ingredientes já pesados.

Uma linha pontilhada vermelha mostra o caminho percorrido pelas matérias-primas que formarão o produto acabado.

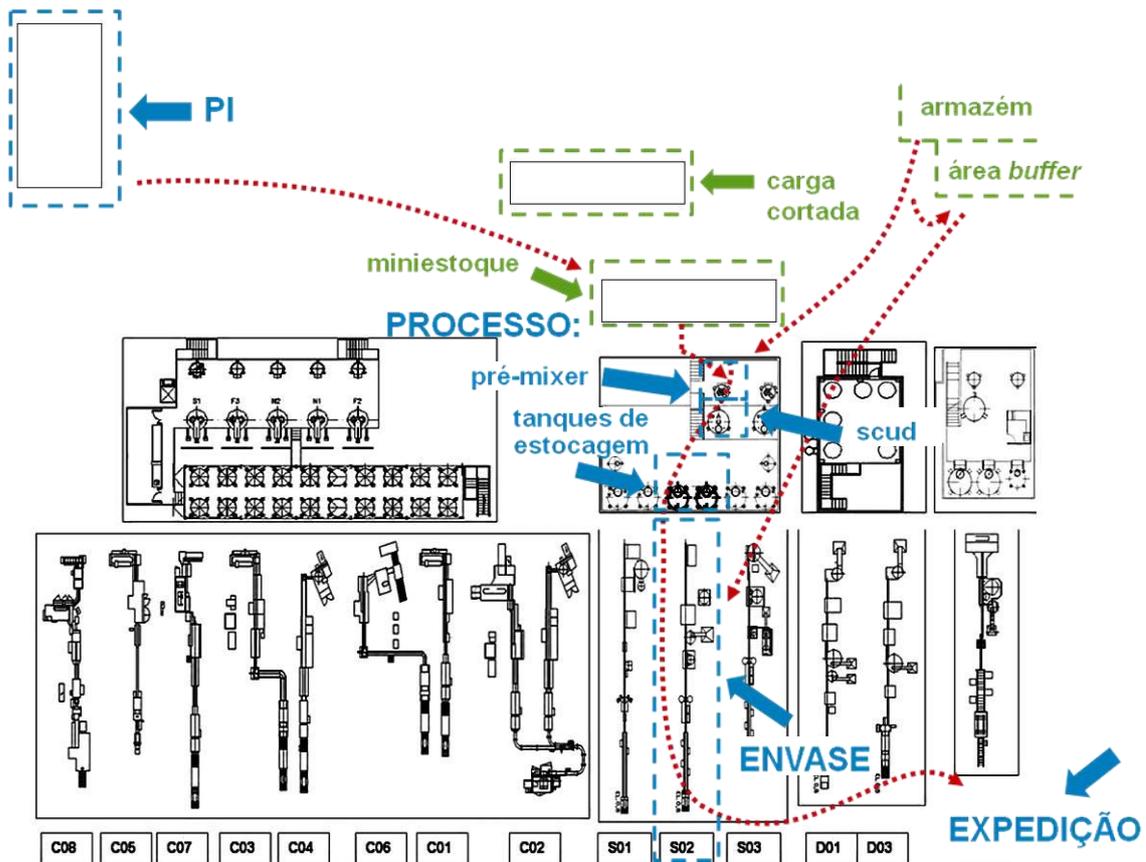


Figura 15. Leiaute da fábrica estudada com destaque para o processo analisado (fonte: leiaute cedido pela empresa e descrições dos equipamentos e trajetos acrescentados pela autora).

Os centros de trabalho utilizados pela família de *shampoos* são o PI (local onde são pesados os “pequenos ingredientes”), o Processo, composto pela etapa de pré-mixer (etapa em que ocorre uma pré-mistura de alguns ingredientes), pelo *scud* (etapa em que o material processado no pré-mixer é misturado ao restante dos ingredientes para formar a massa final do *shampoo*) e pelos tanques de estocagem (onde o produto já pronto aguarda para ser envasado), o processo de Envase (cujas várias operações ocorrem em linha; a linha de envase da família de produtos *shampoo* é a S02) e a Expedição (que envia os produtos acabados ao

cliente). Há também um profissional responsável pela área *buffer*, apresentado na figura 16, a seguir.



Figura 16. Profissional da área *buffer* (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Os processos e equipamentos dos centros de trabalho que processam a família de *shampoos* serão vistos a seguir.

O primeiro centro de trabalho é o PI, onde ocorre a pesagem dos pequenos ingredientes. Este centro de trabalho pode ser visto nas figuras 17a e 17b, a seguir.



Figuras 17a e 17b. Centro de trabalho PI (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).

Em seguida, há o centro de trabalho de Processo, em que ocorre a mistura dos ingredientes e a preparação da massa do *shampoo*. Alguns ingredientes do *shampoo* chegam ao Processo por tubulação e entram diretamente no pré-mixer. Outros são levados para a área *buffer* pelo operador de movimentação e são colocados no pré-mixer e no *scud* pelos

operadores do Processo. Os equipamentos pré-mixer, *scud* e os tanques de estocagem podem ser vistos nas figuras 18a e 18b, a seguir.

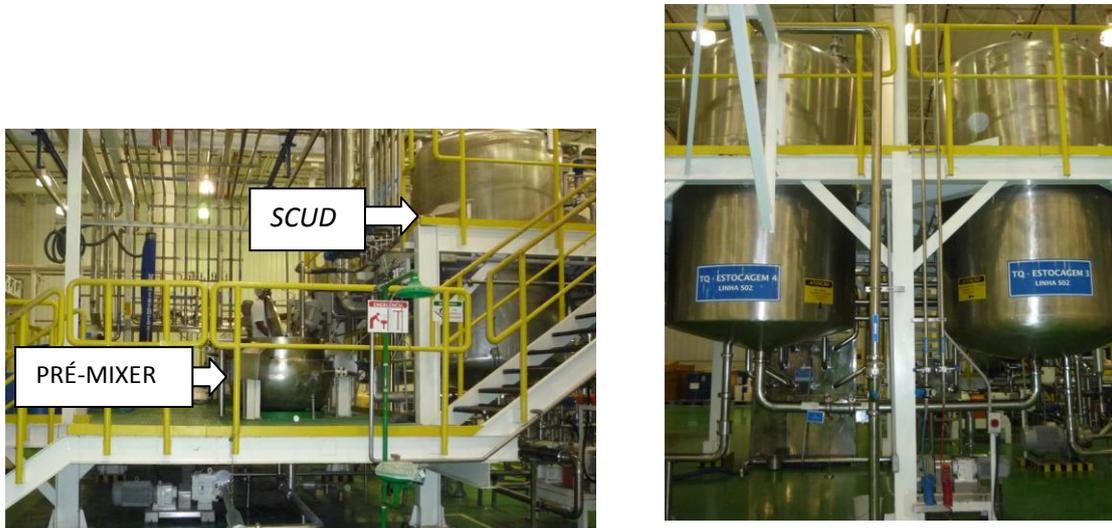


Figura 18a e 18b. Centro de trabalho Processo (fonte: fotografias tiradas na empresa pela autora durante estudo).

Após o processo, há o centro de trabalho de Envase, que recebe a massa pronta dos tanques de estocagem por tubulação e os operadores alimentam a linha com os materiais de embalagem (frascos, tampas, rótulos etc). Alguns dos principais equipamentos do centro de Envase podem ser vistos nas figuras 19a à 19f, a seguir.

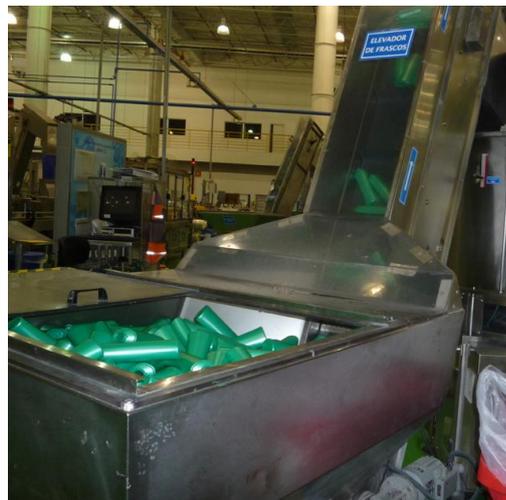


Figura 19a. Centro de trabalho Envase: elevador de frascos (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Um equipamento posiciona os frascos com a abertura para cima, que em seguida, recebem a massa de *shampoo*, como mostram as figuras 19b e 19c, a seguir.



Figura 19b. Centro de trabalho Envase: posicionador dos frascos (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).



Figura 19c. Centro de trabalho Envase: enchedora (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Os frascos cheios são tampados, como mostra a figura 19d, a seguir.



Figura 19d. Centro de trabalho Envase: tampadora (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Após tampados, os frascos recebem o rótulo e são encaixotados, como mostra a figura 19e, a seguir.



Figura 19e. Centro de trabalho Envase: encaixotamento (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Em seguida, as caixas são organizadas para formação do *pallet*, como mostra a figura 19f, a seguir.



Figura 19f. Centro de trabalho Envase: paletização (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Após o Envase, os *pallets* ficam esperando pelo carregador que os levam para o centro de trabalho da Expedição (apresentado pela figura 20), que faz a filmagem e entrega os *pallets* ao cliente.



Figura 20. Centro de trabalho Expedição (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

Todas estas etapas podem ser visualizadas pelo fluxograma apresentado pela figura 21, a seguir:

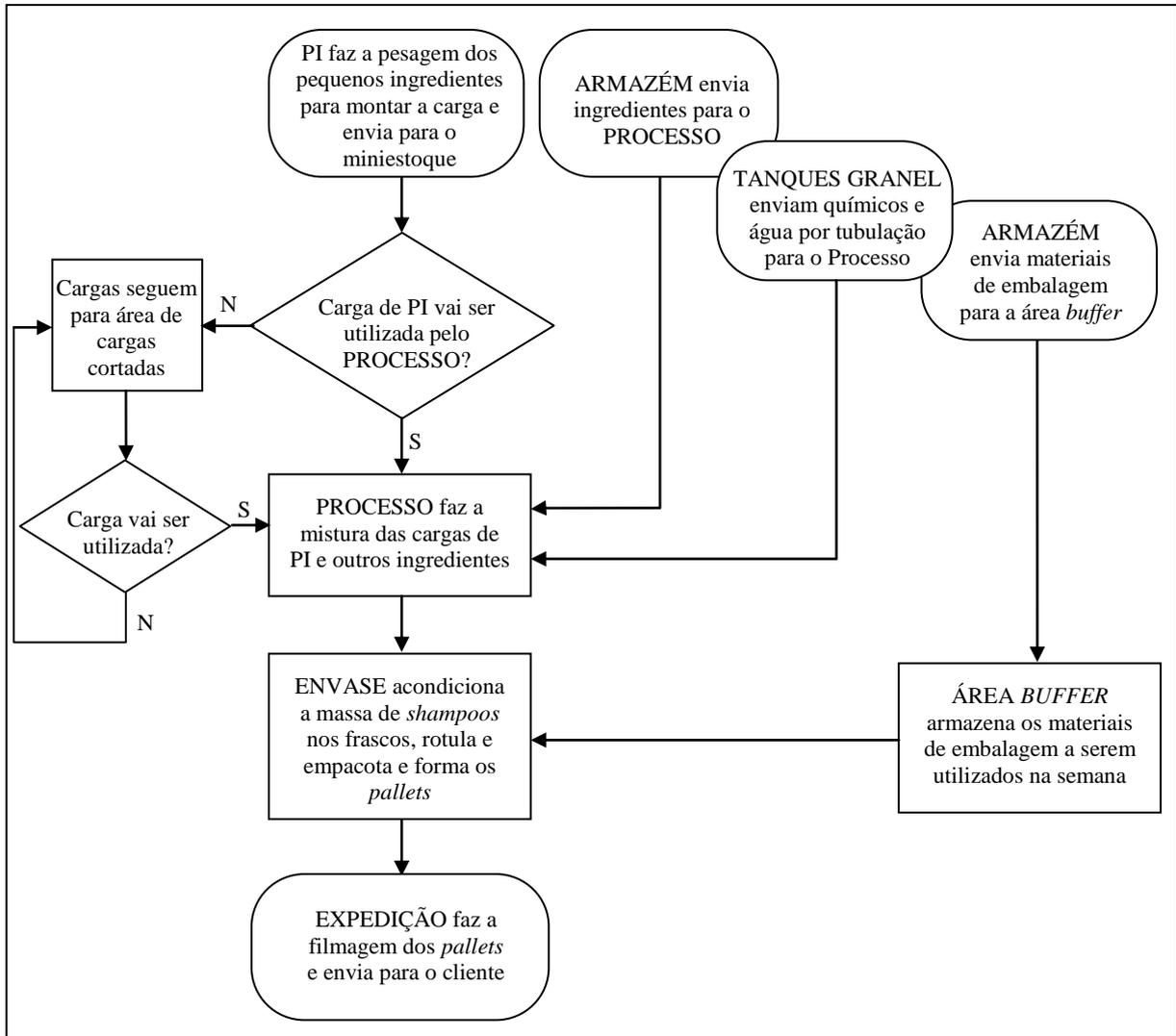


Figura 21. Fluxograma do processo de produção (fonte: autoria própria).

### 8.2.1 Tipo de processo

Dentre as categorias de tipos de processos adotados neste trabalho (por projeto, *jobbing*, em lote, em massa e contínuo) propostas por Hayes e Wheelwright (1984, p. 176), o tipo de processo utilizado pela fábrica se encaixa nas características do processo em lotes pela existência de vários tipos de produtos, que são fabricados periodicamente. Os lotes são de 5.100kg de massa pronta, o que equivale a 14.127 frascos de *shampoos*.

### 8.2.2 Tipo de leiaute

Analisando-se o leiaute da fábrica, vê-se que é um leiaute misto. Pode-se classificá-lo, de forma abrangente como um leiaute funcional, uma vez que os vários equipamentos que desenvolvem a mesma função estão agrupados e são compartilhados entre as famílias de produto. Como característica deste tipo de leiaute, os equipamentos e estoques entre processos estão afastados, o que provoca a perda por transporte e movimentação.

O centro de trabalho do PI, isoladamente, pode ser visto como uma célula funcional, pois reúne todos os equipamentos necessários para a atividade de pesagem em um único ambiente (todas as etapas que os pequenos ingredientes precisam para serem trabalhados encontram-se em uma área definida e isolada enquanto existem balanças e outros equipamentos equivalentes aos do PI em outras áreas da fábrica, mas que não são usados pelo PI), havendo alternância de atividades e equipamentos utilizados dependendo do tipo de produto (por isso é uma célula funcional e não uma célula linear).

Ao se observar, isoladamente, o centro de trabalho do Processo, em que todos os ingredientes são misturados e processados para a fabricação da massa dos *shampoos* (etapas do pré-mixer, *scud* e tanques de estocagem), assim como o centro de trabalho de Envase (linha S02), ambos podem ser classificados como células lineares, uma vez que nestes centros há uma reunião de recursos dedicados à linha de *shampoos*, embora haja outros recursos semelhantes em outras áreas da fábrica (por isso serem classificados como células) e todos os tipos de *shampoos* passam por todas as etapas do Processo e também da linha de Envase (por isso células lineares).

## 8.3 Mapeamento do fluxo de valor da empresa em estudo

A empresa produz centenas de tipos de produto, mas este trabalho mostrará o mapeamento da família de *shampoos*. Todos os *shampoos* produzidos nesta fábrica são processados pelo mesmo grupo de equipamentos. Esta família de produtos é composta por 19 variações, ou variantes, como são chamadas na empresa.

Todos os itens produzidos são enviados para o único cliente, que é um dos centros de distribuição da empresa, que abastece grande parte do Norte e Nordeste do Brasil, além de outros centros de distribuição da América Latina e que possui a própria equipe de vendas. Apesar do centro de distribuição não ser a única equipe responsável por gerar venda dos produtos da empresa, a fábrica não faz a venda direta para nenhum outro cliente que não o centro de distribuição.

### *8.3.1 Tempo de trabalho*

A fábrica funciona das 23 horas do domingo às 20 horas do sábado. Considerando que uma semana tem 7 dias de 24h, ou seja, 168h, e que a fábrica pára 27 horas por semana (e não 24h), calcula-se que, em uma semana, a fábrica funciona 141h. Dentro desse tempo de trabalho, ainda há descontos para refeição (90 minutos de refeição por dia, ou 9h semanais), ginástica laboral (4,5h por semana) e reunião de TPM (1h por semana), gerando um total de 126,5h de trabalho por semana. No caso dos centros de trabalho do Processo e Envase, há ainda o desconto de 3h para lubrificação das linhas de produção, gerando, para estes centros, um tempo de trabalho de 123,5h por semana. Para simplificar os cálculos, será utilizado o tempo de trabalho dos centros de Processo e Envase, de 123,5h semanais, para toda a fábrica. Dividindo este valor por 6 dias, chega-se ao valor de 20,58h, ou aproximadamente 20,6h de trabalho por dia, que é o dado que usado nesta pesquisa.

### *8.3.2 Requisitos do cliente*

Como visto acima, o único cliente da fábrica é o centro de distribuição.

O centro de distribuição faz os seus pedidos com base em previsão de demanda. No entanto, esta previsão é feita por um departamento do grupo, localizado em São Paulo, que prepara o “*demand plan*”. O centro de distribuição, então, programa os seus pedidos de acordo com este plano.

A relação do centro de distribuição, como cliente, com o setor de planejamento do grupo e o de vendas é que ele garante o suprimento do mercado, com o controle do estoque. O

planejamento toma como base os dados enviados pelo centro de distribuição para controlar a produção da fábrica.

Um aspecto importante desta relação é que, apesar de o centro de distribuição solicitar uma quantidade  $x$  de produtos, caso a fábrica produza uma quantidade muito maior, ele compra da mesma forma, e o departamento de vendas fica, então, encarregado de conseguir gerar mais vendas daqueles produtos extras. Fica fácil perceber que esta relação cliente-fornecedor é bastante paternalista com respeito à fábrica, no sentido que a solicitação do cliente é muito flexível. Esta situação é bastante diferente da relação das fábricas que vendem diretamente para clientes externos, cujas solicitações devem ser atendidas na íntegra, no intuito de manter uma boa relação com o cliente e aumentar as chances de que as requisições de compra se repitam. Uma relação deste tipo com o cliente faz com que muitas falhas na produção não sejam percebidas, e, portanto, não sejam tratadas, além de, ao permitir que tipos de produtos não solicitados sejam admitidos, deixar o cálculo da eficiência da produção irreal.

Os pedidos do cliente à fábrica são de quantidade que o permitam manter um estoque de 27 dias. Esta quantidade, em produtos, varia mês a mês de acordo com a previsão de vendas.

Foi utilizado o valor de referência com base na única informação disponível: o cliente demanda uma média de 200.000 caixas por mês ( $200.000 \text{ caixas} / 26 \text{ dias} = 7.692 \text{ caixas/dia}$ ). Como uma caixa contém 12 frascos, a demanda foi calculada em  $12 \times 7.692 = 92.307 \text{ frascos/dia}$ ). Assim, a demanda diária foi considerada igual 92.307 frascos.

São entregues 30 *pallets* por carreta. Cada *pallet* acondiciona 210 caixas, cada uma com 12 frascos. Dentro do *pallet*, todos os produtos são do mesmo tipo (da mesma variante). Já a carreta que leva o produto ao cliente poderá conter *pallets* de diferentes produtos.

O cliente opera em 3 turnos, fechando aos domingos. No entanto, caso a fábrica precise funcionar em horários especiais, o centro de distribuição também funcionará, pois as mercadorias acabadas não ficam na fábrica, são sempre entregues ao cliente assim que uma carreta é preenchida, ocorrendo 5 ou 6 entregas para o cliente por turno.

### 8.3.3 Processos de produção

Das caminhadas na fábrica, foram identificados os processos para esta família de produtos: o PI (pesagem dos pequenos ingredientes), o Processo (mistura de todos os ingredientes para fabricação do *shampoo*), o Envase e a Expedição.

O controle de qualidade atua analisando os químicos que serão utilizados pela área de PI e os que são utilizados diretamente pelo processo, de acordo com um processo conhecido por *skip*, em que alguns produtos são liberados automaticamente e outros caem para o controle de qualidade de acordo com a criticidade dos itens e a confiança na qualidade do fornecedor. Também checa se as cores dos frascos estão dentro da tolerância, assim como a cor do produto em si. Os operadores do Processo e do Envase também fazem alguns tipos de checagem de qualidade. Ainda que seja uma atividade importante para a produção da fábrica, não foi considerada como processo de fabricação, como explicado anteriormente, uma vez que não interrompe a produção.

As matérias-primas vêm de diversos fornecedores. Os fornecedores de químicos para PI ou para o restante da massa não costumam oferecer problemas de confiabilidade. Os fornecedores de material de embalagem (para o processo de Envase) são críticos, principalmente o fornecedor de frascos.

### 8.3.4 Informações dos processos

Com a análise dos dados de produção, obteve-se a definição das seguintes características para cada processo:

- a. PI: pesagem de Pequenos Ingredientes, que são aqueles que pesam menos do que 40kg na fórmula de uma carga de *shampoo*.
  - Processo manual realizado por 2 operadores por turno, compartilhados por toda a fábrica, uma vez que são responsáveis pela pesagem de pequenos ingredientes de todas as categorias (ou seja, não só para a família de *shampoos*, mas também para condicionadores, cremes de tratamento, creme para pentear, todas as famílias de cremes dentais, de desodorantes e de amaciantes).

- Tempo de ciclo: 0,16988 segundo, que é aproximadamente igual a 0,17 segundo. Significa dizer que, a cada 0,17 segundo, o material equivalente a um frasco é produzido.
  - Tempo de *set-up*: a fábrica não considera a existência de um tempo de *set-up* para o PI, pois percebe que o setor pode encerrar uma tarefa e fazer outra, sem precisar de uma preparação, não havendo necessidade de lavagem ou outra atividade para mudar o tipo de produto processado. No entanto, foi observado, durante o mapeamento, que o setor tem dificuldade de pesar todos os ingredientes para formar a carga de um único tipo de *shampoo*, preferindo fazer a pesagem por tipo de químico, pesando as quantidades de um mesmo material que irão compor a carga de vários tipos de *shampoos*. Com esforço, foi obtido o porquê desta dificuldade: o sistema de informação do equipamento que utilizam para capturar o código de barras e informar ao sistema o tipo de químico que estão avaliando e o peso obtido é lento e mudar o tipo de químico no sistema leva tempo e é trabalhoso. Desta forma, apesar de não ter havido disponibilidade do setor para mensuração deste tempo, ficou evidente que existe tempo de *set-up* neste centro de trabalho. É comum acontecer de uma empresa considerar correta uma prática porque ela é a maneira usada de trabalho e não perceber a oportunidade de melhoria. É o que ocorre neste caso. Como este centro de trabalho tem capacidade extra em relação aos outros, não é foco de estudos para melhoria de eficiência e pouco se conhece dos procedimentos utilizados pelo centro, fato comprovado pela falta de informação sobre a existência de tempo de *set-up*. Se for feito um estudo no centro de trabalho, é provável que se perceba a possibilidade de transferência de um dos operadores para outro centro, que esteja mais necessitado de mão de obra.
  - Confiabilidade: não há medição de eficiência ou confiabilidade do centro.
  - Estoque observado: 18 cargas, ou o equivalente a 254.286 frascos.
- b. Processo: centro de trabalho responsável por fazer a mistura de todos os ingredientes para fabricar o *shampoo*.
- Composto pelos equipamentos:
    - i. Um pré-mixer: que faz a mistura inicial de alguns ingredientes;

- ii. Um *scud*: onde todos os ingredientes são misturados;
  - iii. Dois tanques de estocagem: que armazenam o *shampoo* pronto, sendo diretamente ligados à linha de envase.
- Alguns ingredientes são despejados no equipamento por tubulação, outros são pesados pelo operador do processo e colocados no equipamento manualmente, assim como o são os pequenos ingredientes (que já vêm separados pelo PI na quantidade correta para a formulação).
  - Há 2 operadores por turno para todas as categorias de *hair*.
  - Tempo de ciclo: 0,25483 segundo, o que é aproximadamente igual a 0,25 segundo, que será o valor considerado para o tempo de ciclo deste centro de trabalho. Significa que, a cada 0,25 segundo, o material equivalente a um frasco é produzido.
  - Tempo de *set-up*: 15 minutos ou 30 minutos, dependendo da sequência de tipos de produto. O *set-up* do Processo varia de acordo com a necessidade de uma ou duas lavagens do tanque, o que depende do tipo de *shampoo* que estava sendo produzido e do que está na sequência de produção. Se o *shampoo* que estava sendo produzido for escuro (“pretos luminosos” ou “chocolate”) e o próximo for claro (qualquer das outras variantes), o *set-up* levará 30 minutos, pois serão necessárias duas lavagens do tanque para que todo o aroma e pigmento sejam retirados. Após a produção do tipo “chocolate”, são necessárias duas lavagens, mesmo que o próximo seja o “pretos luminosos”, devido ao forte aroma daquela variante. Se a sequência for inversa (de variante clara para escura) ou de “pretos luminosos” para “chocolate”, são necessários apenas 15 minutos.
  - Confiabilidade: por estar rodando com um *scud*, cujas hélices são menos eficientes do que as de um *mixer*, após a mudança de formulação dos *shampoos*, o processo passou a ter problemas com aeração de massa em algumas variantes, o que pode ocasionar a parada do processo por até 2,5 horas por turno. No entanto, não há um valor percentual de quantas vezes o problema ocorre, já que é um problema novo e ainda está sendo estudado.
  - Estoque observado: no máximo, os dois tanques de estocagem ficam cheios, o que dá um total de 11.600 kg (5.800 kg por tanque), mas normalmente são

usados 5.100kg por tanque (uma carga), dando um total de 10.200kg. Convertendo para frascos, o estoque observado é de 28.254 frascos.

- c. Envase: centro de trabalho responsável por envasar o *shampoo* nos frascos, tampá-los, rotulá-los, encaixotá-los e paletizá-los.
- Processo automatizado até a operação de encaixotamento, quando passa a ser manual. É utilizada uma linha de produção, chamada de S02.
  - Há 5 operadores por turno para a família de *shampoos*.
  - Tempo de ciclo: 0,50 segundo, ou seja, a cada 0,50 segundo, um frasco é produzido.
  - Tempo de troca: 20 minutos ou 35 minutos, dependendo da sequência de tipos de produto. Da mesma forma do Processo, o Envase tem o tempo de *set-up* diferente de acordo com a sequência de produção. Se for de “pretos luminosos” ou “chocolate” para um claro, são necessários 35 minutos, se for de claros para o “pretos luminosos” ou “chocolate”, ou entre estas duas variantes, são necessários 20 minutos.
  - Confiabilidade: este valor não foi obtido.
  - Estoque observado: não foi observado mais de 1 *pallet* após o processo de Envase, pois sempre que um *pallet* é pronto, é levado para a expedição. Desta forma, considerando a quantidade de frascos em um *pallet*, o estoque observado foi de 2.520 frascos.
- d. Expedição: responsável pela movimentação, filmagem e transferência dos produtos para o cliente, através da carreta e alimentando o sistema de informação.

### 8.3.5 Fluxo de informação

O departamento de PCP da fábrica faz as programações de produção com base no plano de previsão de demanda (*demand plan*) enviado de um departamento localizado em São Paulo. Esta previsão de demanda se refere a 30 dias, 90 dias e 1 ano, e é recebido mensalmente.

O cliente, como explicado anteriormente, também recebe este plano de demanda e faz os pedidos com base neste plano e conferência dos produtos que tem em estoque.

Partindo deste documento, o PCP faz o planejamento semanal, confrontando com as informações de estoques de produto acabado e de matéria-prima, assim como das vendas ocorridas. O PCP, então, prepara a ordem de produção semanal para todos os centros de trabalho.

O plano de produção semanal é discutido com as coordenações de produção, que fazem os ajustes necessários para viabilizar a produção. Alguns casos de alterações se devem, por exemplo, à sequência de produção, que deve sempre ser de *shampoos* com massa mais clara para os de massa escura (ou em algumas sequências especiais, passando de pretos luminosos para algumas variantes claras) para que o *set-up* seja mais rápido.

Um operador da área *buffer* ou do armazém faz a checagem *in loco* para confirmar a existência de matérias-primas como frascos e rótulos, a pedido do setor de PCP (que não possui funcionários suficientes para esta atividade). O coordenador de produção também pede uma contagem a cada turno.

Algumas vezes, alguns desses materiais estão em quantidade inferior à utilizada para o cálculo da programação de produção, ou por falta de precisão do controle do estoque ou devido a falhas de entrega do fornecedor. Nestes casos, há, então, a comunicação do coordenador aos centros de trabalho para alterar a quantidade de produtos a serem fabricados e produzir até acabar o material que está em menor quantidade do que a esperada, como o frasco, por exemplo.

O próprio setor de PCP faz os pedidos aos fornecedores, semanalmente, por *email* ou telefone, e em alguns casos através do SAP.

### 8.3.6 Cálculo do Lead Time, do Tempo de Processamento e da Eficiência do Fluxo

Considerando a demanda do cliente de 92.307 frascos por dia, foi calculado o valor de cada estoque em dias. Os valores obtidos podem ser vistos na tabela 1, abaixo, que apresenta o *lead time* calculado de 68,59 dias. Estes valores são colocados na parte superior da linha do tempo do mapa atual, que será visto mais adiante.

Todas as tabelas apresentadas neste trabalho foram desenvolvidas pela autora para organização e cálculo dos dados utilizados nesta pesquisa.

Tabela 1 - Estoque em dias e *lead time*

Estoques encontrados	Estoque em frascos (A)	Demanda em frascos /dia (B)	Estoque em dias (C=A/B)
Estoque no Armazém	4.012.068	92.307	43,46
Estoque de PI no processo	254.286	92.307	2,75
Estoque de grandes químicos no processo	1.017.144	92.307	11,02
Área buffer envase	1.017.144	92.307	11,02
Processo	28.254	92.307	0,31
Envase	2.520	92.307	0,03
Somatório = <i>Lead Time</i>			68,59

A tabela 2, abaixo, mostra os valores do tempo de ciclo para cada processo e o somatório total, representando o tempo de processamento de 0,92 segundos.

Tabela 2 - Tempos de ciclo e tempo de processamento.

Centros de trabalho	T/C lote em segundos	Fracos por lote	T/C frasco em segundos
PI	2.400,00	14.127,00	0,17
Processo	3.600,00	14.127,00	0,25
Envase			0,50
Somatório = Tempo de Processamento			0,92

Comparando-se o *lead time* de 68,59 dias e o tempo de processamento de 0,92 segundos, percebe-se uma grande ineficiência deste fluxo de produção.

Para o cálculo da eficiência do fluxo, foi necessária conversão do *lead time* de dias para horas, utilizando a quantidade de 20,6h no dia de produção. A tabela 3, a seguir, apresenta o valor do *lead time* de 1.441,87 horas.

Tabela 3 - Estoque em horas e *lead time*.

Estoques encontrados	Estoque em frascos (A)	Demanda em frascos /dia (B)	Estoque em dias (C=A/B)	Estoque em horas (D=C*20,6h/dia)
Estoque no Armazém	4.012.068	92.307	43,46	895,37
Estoque de PI no processo	254.286	92.307	2,75	59,92
Estoque de grandes químicos no processo	1.017.144	92.307	11,02	239,67
Área buffer envase	1.017.144	92.307	11,02	239,67
Processo	28.254	92.307	0,31	6,66
Envase	2.520	92.307	0,03	0,59
Somatório = <i>Lead Time</i>			68,59	1.441,87

Da mesma forma, a tabela 2 recebeu uma coluna para conversão dos valores dos tempos de ciclo para horas, como mostra a tabela 4 a seguir, que apresenta o tempo de processamento de 0,00026 horas:

Tabela 4 - Tempos de ciclo em horas e tempo de processamento.

Centros de trabalho	T/C lote em segundos	Fracos por lote	T/C frasco em segundos	T/C frasco em horas
PI	2.400,00	14.127,00	0,17	0,00005
Processo	3.600,00	14.127,00	0,25	0,00007
Envase			0,50	0,00014
Somatório = Tempo de Processamento			0,92	0,00026

Fazendo-se o cálculo proposto por Ferreira (2004, p.119) e Vieira (2006, p. 50), obtém-se para o processo estudado um valor agregado de  $1,72 \times 10^{-5} \%$ .

Como não foi encontrado um valor padrão ou faixas de valores que indicassem um resultado bom ou fraco, foram analisadas as eficiências dos fluxos das empresas estudadas nos casos práticos de Ferreira (2004) e Vieira (2006). Estas empresas, no entanto, fabricam produtos bastante diferentes da empresa estudada, principalmente no que se refere ao *lead time* e tempo de processamento, dados essenciais para o cálculo da eficiência do fluxo. Desta forma, os valores obtidos não serão suficientes para categorizar o nível de eficiência da empresa, mas apenas para se conhecer o resultado obtido por outras empresas, ainda que de realidades diferentes.

Ferreira não calculou a eficiência do fluxo da empresa estudada no seu trabalho, mas apresenta o *lead time* em dias de 19,766 (2004, p.137) e o tempo de processamento de 4,14 minutos (2004, p.122). Convertendo os valores para horas e utilizando a equação proposta para cálculo da eficiência do fluxo, obtém-se o valor de  $1,69 \times 10^{-2} \%$ .

Vieira também não faz o cálculo da eficiência do fluxo, no entanto, com os dados de *lead time* de 1.824 horas (2006, p. 71) e do tempo de processamento de 54,71 horas (2006, p. 72), foi possível calcular. O resultado obtido foi de 2,99%.

Os resultados obtidos mostram apenas que é possível se obter valores de eficiência de fluxo na ordem de  $1 \times 10^{-2} \%$  como também de 1%, o que permite inferir que, dada a realidade da empresa estudada, é possível que o cálculo da eficiência gere um resultado da ordem de  $1 \times 10^{-5} \%$ , sem indicar, no entanto, uma baixa ou alta eficiência.

O *takt time* foi calculado usando as duas expressões: pela equação 2, considerando o tempo disponível de trabalho, foi obtido o valor de 0,8s e pela equação 3, considerando o tempo de operação efetiva, e utilizando o valor de eficiência de 82%, foi obtido o valor de 0,66s.

Fazendo-se a comparação do *takt time* de 0,8s (calculado pelo tempo disponível de trabalho) com o tempo de ciclo de cada centro de trabalho (que pode ser visto na tabela 5, a seguir) pode-se assumir que os centros têm ritmo de produção muito superior ao necessário para atender o cliente, com uma relação entre 78,76% e 37,50%.

Tabela 5 - Comparação do *takt time* (calculado pelo tempo disponível de trabalho) com o ritmo de produção de cada centro de trabalho.

Centros de trabalho	T/C frasco em segundos	<i>Takt time</i> (pelo tempo disponível de trabalho)	Ritmo de produção extra em percentual
PI	0,17	0,80	78,76%
Processo	0,25	0,80	68,15%
Envase	0,50	0,80	37,50%
Somatório = Tempo de Processamento	0,92		

Comparando-se o *takt time* de 0,66s (calculado pelo tempo de operação efetiva) ao tempo de ciclo de cada centro de trabalho (que pode ser visto na tabela 6 a seguir), ainda se percebe um ritmo de produção dos centros de trabalho bastante superior ao necessário para atendimento do cliente, com uma relação entre 74,26% e 24,24%.

Tabela 6 - Comparação do *takt time* (calculado pelo tempo de operação efetiva) com o ritmo de produção de cada centro de trabalho.

Centros de trabalho	T/C frasco em segundos	<i>Takt time</i> (pelo tempo de operação efetiva)	Ritmo de produção extra em percentual
PI	0,17	0,66	74,26%
Processo	0,25	0,66	61,39%
Envase	0,50	0,66	24,24%
Somatório = Tempo de Processamento	0,92		

Partindo-se agora para a comparação do *takt time* de 0,8s ao tempo de processamento, tem-se uma relação de -15,59% entre o ritmo de produção dos centros de trabalho e o ritmo necessário para atender ao cliente (ver tabela 7 a seguir).

Tabela 7 - Comparação do *takt time* (calculado pelo tempo disponível de trabalho) com o tempo de processamento.

Centros de trabalho	T/C frasco em segundos	<i>Takt time</i> (pelo tempo disponível de trabalho)	Ritmo de produção extra em percentual
PI	0,17		
Processo	0,25		
Envase	0,50		
Somatório = Tempo de Processamento	0,92	0,80	-15,59%

Por fim, comparando-se o *lead time* de 0,66s ao tempo de processamento, tem-se uma relação de -40,11% entre o ritmo de produção dos centros de trabalho e o ritmo necessário para atender ao cliente (ver tabela 8 a seguir).

Tabela 8 - Comparação do *takt time* (calculado pelo tempo de operação efetiva) com o tempo de processamento.

Centros de trabalho	T/C frasco em segundos	<i>Takt time</i> (pelo tempo disponível de trabalho)	Ritmo de produção extra em percentual
PI	0,17		
Processo	0,25		
Envase	0,50		
Somatório = Tempo de Processamento	0,92	0,66	-40,11%

O possível processo puxador em um fluxo de trabalho futuro seria o centro de trabalho do Processo. Comparando-se o *takt time* de 0,8s com o tempo de ciclo deste centro

tem-se a relação de 68,15% (apresentado pela tabela 5, acima) e utilizando-se o *lead time* de 0,66s, tem-se a relação de 61,39% (apresentado pela tabela 6, acima).

Como visto anteriormente, no capítulo 7, foi definida a adoção do valor do *takt time* de 0,66s e a comparação do mesmo com os tempos de ciclo de cada centro de trabalho para avaliação de eficiência de cada centro.

### 8.4 Mapa de fluxo de valor do estado atual

Com base nas informações obtidas com funcionários da fábrica e observações *in loco*, foi montado o mapa de fluxo de valor do estado atual que pode ser visto na figura 22, abaixo.

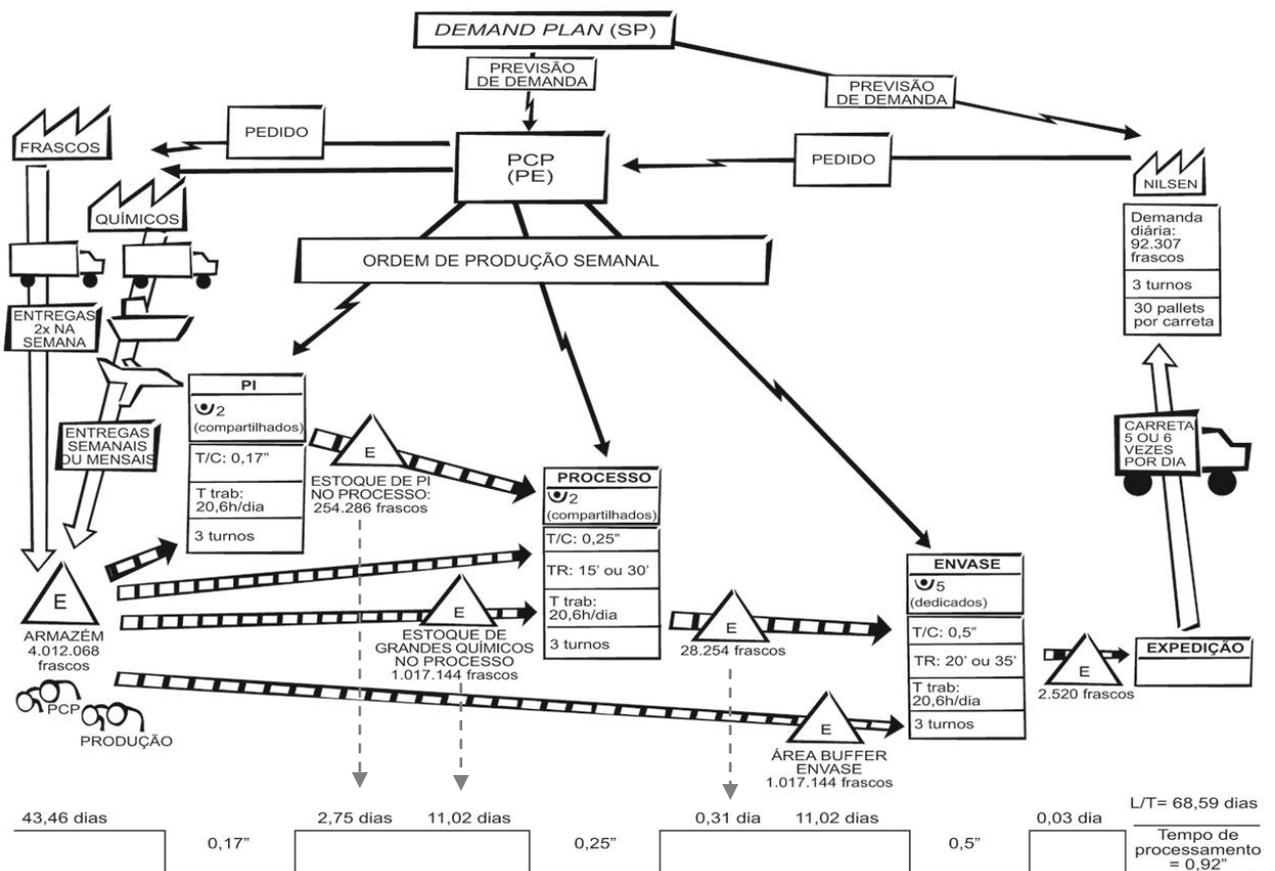


Figura 22. Mapa de fluxo de valor do estado atual (fonte: autoria própria).

### 8.5 Proposta de mapa fluxo de valor futuro

As melhorias no fluxo podem ser obtidas com a adoção da sistemática demonstrada no mapa de fluxo futuro, na figura 23, abaixo:

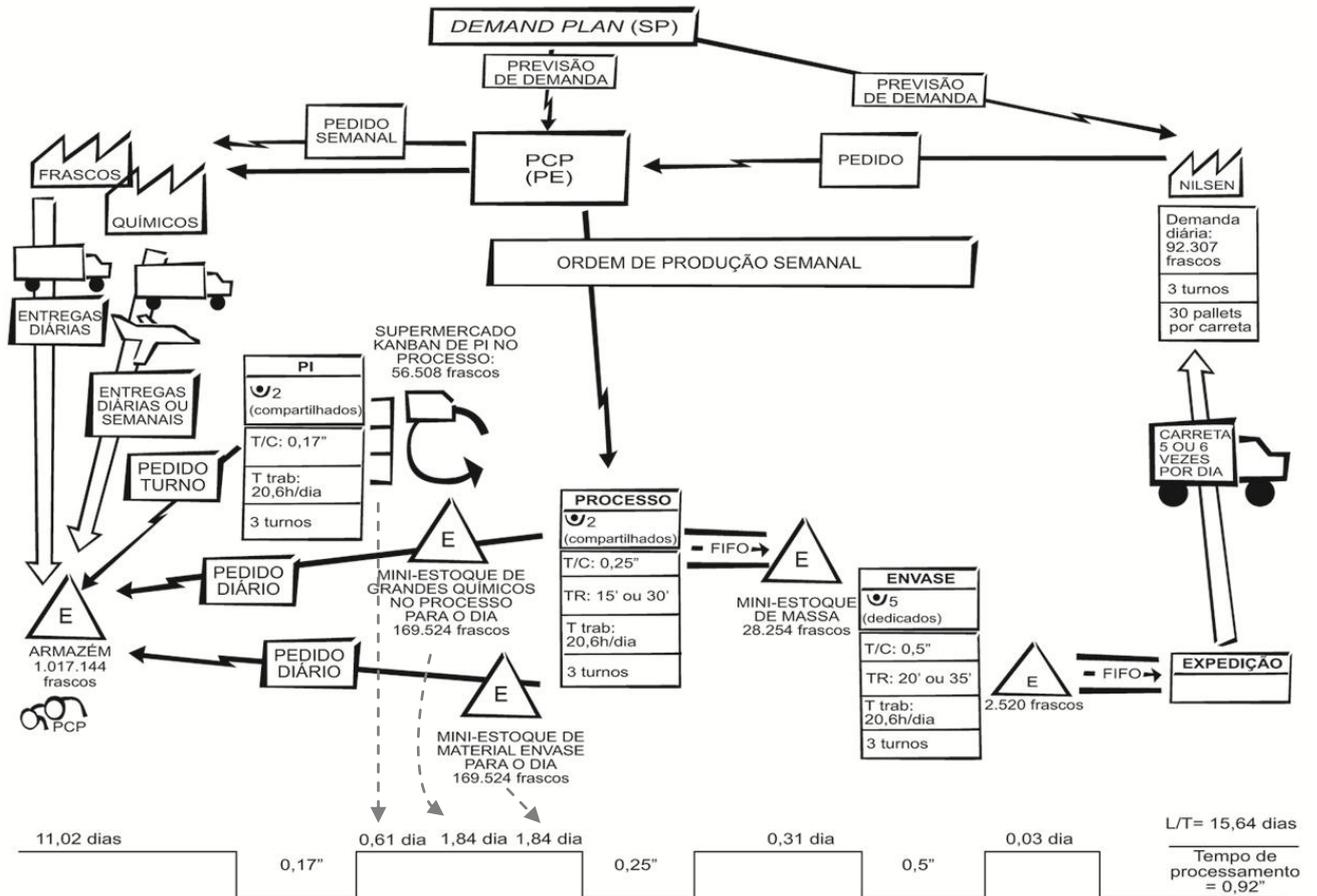


Figura 23. Mapa de fluxo de valor do estado futuro (fonte: autoria própria).

Para o alcance do estado futuro projetado, os fornecedores precisarão ser bastante trabalhados, pois foi percebido que a grande quantidade de estoque mantida no armazém no estado atual (suficiente para 4 semanas de trabalho) se devia à falta de confiabilidade do fornecedor de frascos e da distância dos fornecedores de químicos (apesar de terem boa confiabilidade). Uma solução quanto ao fornecedor de frascos é trazer algumas de suas linhas de produção para a planta da fábrica, permitindo que entregas diárias sejam feitas, assim como melhorias de gestão promovidas pela fábrica. Esta é uma solução viável, pois a fábrica estudada detém, aproximadamente, 80% da clientela deste fornecedor, o que permite que ele

dedique alguma ou algumas linhas de produção a este cliente. Além disso, o fornecedor investe um grande valor alugando um centro de distribuição próximo à fábrica, que deixaria de ser necessário.

Quanto aos químicos, poderiam ser tomadas ações similares às que ocorreram quanto aos fornecedores de químicos para outras famílias de produto da fábrica: fornecedores locais foram desenvolvidos, com ajuda da fábrica, para que fossem capazes de fornecer os produtos dos tipos e do nível de qualidade necessária pela fábrica. A grande maioria dos fornecedores de químicos do estado atual (entre 85% e 90%) está localizada em São Paulo, e alguns outros se encontram fora do país. Com a modificação, os modais seriam o rodoviário, para os fornecedores locais, e o aéreo, para os internacionais que não pudessem ser desenvolvidos localmente. Apesar de serem os modais mais poluentes, seriam necessários, ao menos neste primeiro ciclo de melhoria, para diminuir o tempo de entrega e permitir uma redução do estoque, uma vez que o modal naval é o mais lento.

No fluxo futuro projetado, a ordem de produção é passada do PCP para o centro de trabalho de Processo. Este centro faz o pedido diário para o armazém dos materiais que ele utilizará no dia, assim como o material que será usado pelo centro de trabalho de Envase, também para o dia inteiro. O centro do Processo alimentará o quadro *kanban* colocado entre este centro e o PI e este quadro será a comunicação de produção que o PI receberá (o PI não receberá mais a ordem de produção do PCP). Com base no quadro, o PI fará a solicitação ao armazém do material que usará no turno. O PCP continuará fazendo a conferência de estoque com o armazém para ter informações mais precisas para a solicitação de matéria-prima aos fornecedores.

A produção do centro de Processo seguiria para o centro de Envase pelo sistema FIFO (*first in first out*), o que já ocorre hoje, uma vez que os dois centros são ligados por tubulação. A diferença é que o centro de Envase não receberia mais a ordem de produção do PCP, por não ser necessária, já que produzirá o que vier do Processo e receberá da área *buffer* os materiais de embalagem necessários para o dia, que serão solicitados pelo Processo.

Os produtos saídos do centro de Envase seriam encaminhados ao centro de Expedição a cada *pallet* pronto, seguindo o FIFO (*first in first out*).

Com estas alterações, o *lead time* diminui de 68,59 dias para 15,64 dias ou 327,45h, como mostra a tabela 9, a seguir, representando uma redução de 338%.

Tabela 9 - *Lead time* obtido pelo mapa de fluxo futuro.

Estoques projetados (mapa futuro)	Estoque em frascos (A)	Demanda em frascos /dia (B)	Estoque em dias (C=A/B)	Estoque em horas (D=C*20, 6h/dia)
Estoque no Armazém	1.017.144	92.307	11,02	226,99
Estoque de PI no processo	56.508	92.307	0,61	13,31
Estoque de grandes químicos no processo	169.524	92.307	1,84	39,94
Área buffer envase	169.524	92.307	1,84	39,94
Processo	28.254	92.307	0,31	6,66
Envase	2.520	92.307	0,03	0,59
Somatório = <i>Lead Time</i>			15,64	327,45

Como o tempo de processamento continuou o mesmo (0,92s ou 0,00026h), a eficiência do fluxo aumentou de  $1,78 \times 10^{-5}\%$  para  $7,8 \times 10^{-5}\%$ , indicando uma melhoria de 338%.

Como visto na figura 23, sugeriu-se a implantação de um sistema *kanban* entre os centros de trabalho do PI e do Processo. A empresa já tinha interesse em implantar o *kanban* nesta etapa do processo para enfrentar um problema recorrente da fábrica, de “cargas cortadas”, que será explicado no item 8.6.1.

Apesar de a idéia de implantação do *kanban* ter ocorrido antes da execução do MFV, e não como solução apontada por ele, durante a execução do mapa de valor futuro foi percebido que, de fato, a implantação do sistema *kanban* nesta etapa seria uma importante melhoria para o fluxo de materiais e de informações.

O projeto do sistema *kanban* será explicado a seguir.

## 8.6 Projeto do Sistema *kanban*

### 8.6.1 Situação problema

A situação enfrentada pela empresa que a levou a querer implantar o *kanban* foi, principalmente, o excesso de “cargas cortadas”.

As cargas cortadas se referem às cargas de Pequenos Ingredientes, pesados pelo PI (no estudo, o centro fornecedor).

Quando se pesam os pequenos ingredientes para fabricar determinado tipo de produto, seja *shampoo*, condicionador ou os diversos outros produtos fabricados nesta planta industrial, o material pesado é alocado em um espaço da área *buffer* destinado ao PI. Seguindo a literatura, este espaço seria o supermercado do centro fornecedor (PI), mas que fica próximo do centro consumidor (Processo), como acontece em um sistema *kanban* de 1 cartão (MOURA, 1989, p.59).

É esta área que está sendo trabalhada com o sistema *kanban*. Antes do sistema, este espaço ficava superlotado, devido à superprodução do PI.

A área de PI da família de *shampoos* tinha capacidade de armazenamento de 3 *pallets* ou 6 cargas (cada *pallet* acomoda 2 cargas). Uma carga é composta por 2 tonéis e 3 garrações de materiais. Em diversas vezes, a quantidade de cargas nessa área de PI ultrapassava bastante a estipulada, ocupando os espaços ao redor da área demarcada, devido à superprodução (por antecipação) do centro de trabalho, chegando a 18 cargas, em alguns momentos.

Quando, por algum motivo, o tipo de *shampoo* que usaria uma carga pronta (pesada) de PI para ser fabricado é retirado da programação de fabricação, parte do material de PI pode já ter sido utilizada e outra parte deverá esperar para a próxima vez que aquele tipo de *shampoo* entrar na programação de fabricação. Este material de PI restante, que não foi utilizado, passa a se chamar “carga cortada” e segue para outro espaço reservado para acomodá-lo. A área para carga cortada dedicada à família de *shampoos* é compartilhada com as outras duas linhas de *hair*, compondo um espaço total capaz de abrigar 3 *pallets* ou 6 cargas. Muitas vezes esta área também fica superlotada, ocupando os arredores.

O excesso de carga cortada traz diversos problemas, entre eles:

- Desorganização da área: em alguns momentos, segundo relatos de funcionários da empresa, houve 9 ou mais *pallets* (ou 18 cargas) na área de carga cortada, ou seja, 6 *pallets* (ou 12 cargas) além dos 3 *pallets* esperados (ou 6 cargas). Isto prejudica o fluxo na área e ocasiona todos os problemas de um leiaute mal organizado.
- Risco de contaminação e avaria da carga: quando os pequenos ingredientes estão na área de PI, estão fortemente protegidos de qualquer contaminação. Por outro lado, ao serem levados para a área de fabricação, onde fica a área de armazenagem de carga

cortada, por mais controlado que seja o ambiente, eles ficam submetidos a diversas fontes de contaminação, como poeira e o próprio manuseio além do usual, que aumenta a possibilidade de exposição do produto, avaria da embalagem por choque com carrinhos ou outros tipos de incidentes. Mesmo que retornem para a área de PI (o que pode ocorrer eventualmente no caso de necessidade de estorno da carga para utilização em outra variante de *shampoo*), ainda assim podem ser contaminados com maior facilidade, pois a poeira que se acumulou sobre os depósitos podem entrar em contato com o produto quando o depósito for reaberto e a carga precisar ser descartada.

- Perda de validade: quando se monta uma carga de PI, aproximadamente 10 produtos químicos são reunidos, dependendo do tipo de *shampoo*. A validade da carga como um todo será a validade do produto químico que estiver mais próxima. Desta forma, a carga pode ter a validade vencida por causa de um produto, enquanto todos os outros estariam bons para uso. Quando isso acontece, toda a carga tem que ser estornada e voltar para o PI, que deverá identificar qual dos produtos químicos que perdeu a validade para, se possível, descartar apenas ele e aproveitar o restante para montar outras cargas.
- Falta de químico para outra carga: estando a carga montada e armazenada na área de carga cortada, é possível ocorrer a necessidade de um dos produtos químicos usados para montar aquela carga que foi cortada para preparar a carga para uma outra variante de *shampoo* que vai, de fato, ser fabricada. Neste caso, se não houver este produto químico separado no PI, o PCP achará que não há mais daquele produto químico na fábrica e, portanto, não poderá programar a fabricação desta nova variante, além de que irá encomendá-lo ao fornecedor, mesmo ainda havendo dele na fábrica.
- Dificuldade para o controle de inventário: pelos problemas apontados acima, percebe-se que a existência de carga cortada causa uma desordem no inventário de químicos na fábrica, o que gera perturbação na programação e controle da produção.
- Desperdício de tempo e esforço do operador de PI: a carga cortada evidencia, pela sua simples existência, um trabalho desnecessário dos operadores de PI que prepararam uma carga que não vai ser utilizada. Além disso, pelos problemas descritos acima, percebe-se a possibilidade de necessidade de estornar a carga, identificar produtos químicos vencidos e descartá-los, identificar produtos químicos dentro da validade e

retorná-los ao sistema, deslocar material e procurar forma de armazená-lo no espaço desorganizado, ou seja, desperdício de esforço.

Para identificar possíveis causas deste problema, foi realizado um *brainstorm* com a equipe, quando surgiram os fatores abaixo, que não estão ordenados por importância:

- I. Operadores do PI pesam cargas antes de chegar o seu momento de fabricação: o modo de operação do PI acontece desta forma: ao receberem o plano de produção da semana, identificam a quantidade e a variante de *shampoos* que serão fabricados em toda a semana e, ao invés de pesarem todos os químicos necessários para a fabricação da primeira variante que será fabricada, eles pesam várias porções do mesmo químico que será usado por diversas variantes ao longo do período. Para ilustrar, considere-se que a primeira variante de *shampoo* a ser fabricada é a variante X e que, para formar a carga de pequenos ingredientes necessária para ela, eles precisariam pesar os químicos *a*, *b*, *c* e *d*. Ao invés de eles pesarem os químicos *a*, *b*, *c* e *d*, necessários apenas para esta variante, eles pesam várias porções do químico do tipo *a* que serão necessárias por outras variantes a serem produzidas ao longo da semana. Finalizado o químico do tipo *a*, eles passam então a pesar várias porções de químicos do tipo *b* e assim sucessivamente. Após finalizarem a pesagem dos químicos e formarem as cargas, levam todas para o supermercado próximo ao centro de trabalho de processo, evidenciando a superprodução por antecipação.
- II. Mudança de programação: devido à prática de superprodução por antecipação, ao ocorrer uma mudança de programação, é possível que a carga desta variante já esteja pronta há tempo e disposta na área *buffer* de PI e, desta forma, deverá ser levada para a área de carga cortada e aguardar a volta daquela variante para a programação. Antes de isso acontecer, é possível que a carga perca a validade ou venha a ser danificada, como explicado anteriormente. Outra possibilidade é que apenas parte dos químicos que formariam a carga da variante que foi tirada de programação já tenha sido pesada. Da mesma forma, isso caracterizaria desperdício de esforço, tempo e recurso material.
- III. Não verificação das cargas pesadas e cortadas pelo centro de trabalho do processo: quando a variante que teria usado a carga que foi cortada voltar para a programação, o Processo, deve avaliar se já existe esta carga cortada que possa ser usada e então deve informar ao PI para que ele reduza essa quantidade do material que irá pesar. No entanto, é possível que o Processo não faça essa verificação, e como o PI não toma

conhecimento se a carga que ele pesou foi toda utilizada ou se foi cortada, ele pesa a quantidade total necessária para esse novo lote de produção. Além disso, pelo modo de operação do PI descrito acima, é possível que mesmo que o Processo identifique a existência de carga cortada e informe ao PI, a nova carga já tenha sido pesada, voltando à causa I.

- IV. Quebra da linha: havendo a quebra da linha de envase, a produção é interrompida e a carga que seria utilizada passa a ser carga cortada.
- V. Divergência entre a informação de quantidade de material na fábrica no sistema e no físico: ocorre quando a linha está rodando contando com um material que existe na fábrica, mas durante o processo percebe-se que, na verdade, o material não existe. Ocorre principalmente pela informação errada sobre retorno de material: por exemplo, ao se concluir a fabricação de um lote de uma variante, o rolo de rótulos é devolvido à área *buffer* que faz uma estimativa da quantidade de rótulos ainda existentes no rolo para retorná-lo ao armazém. Esta estimativa pode levar a uma discordância significativa entre o que realmente sobrou e o que foi informado, então, na próxima vez que for ser fabricado um lote daquela variante, pode-se contar que exista na casa, por exemplo, 3.000 rótulos e na verdade só haver 1.000. Isso ocasionaria a interrupção da fabricação e a geração de carga cortada. Outro motivo seria uma falha no próprio SAP que pode não dar baixa em alguns itens, apesar de ser programado para, após a fabricação do lote e alimentação do sistema pelo operador de que foram fabricados x frascos de *shampoo*, dar baixa em todos os itens utilizados para fabricação daqueles produtos (massa, PIs, frascos, tampas, rótulos etc).
- VI. Cálculo errado da área *buffer*: com base na quantidade existente de material na fábrica, o operador da *buffer* faz o cálculo sobre quantas cargas é possível fabricar com aquele material, e esse cálculo, algumas vezes, sai errado, ocasionando uma programação feita com base em uma quantidade irreal.
- VII. Falha na entrega do fornecedor: ocorre quando a linha está rodando uma variante de *shampoo* contando com a entrega de um material por um fornecedor, como o fornecedor de frasco, por exemplo, e, no entanto, a entrega não ocorre, forçando a interrupção de fabricação daquela variante e a formação da carga cortada. Segundo a impressão dos analistas de produção, esta é a principal causa de geração de carga cortada, não havendo dados, no entanto, que quantifiquem esta importância.

Com base na análise dos problemas gerados pela existência de excesso de carga cortada e dos motivos que o ocasionam, a empresa chegou à decisão de implantar um *kanban* entre o centro fornecedor PI e o centro consumidor Processo, com a idéia de que o PI passe a pesar apenas o material solicitado pelo Processo. Esta decisão da empresa visa evitar que a geração de carga cortada ocorra pela causa I, acreditando também que, com a eliminação desta causa, as outras tenham menor impacto. Observa-se, no entanto, que a principal causa de geração de carga cortada, segundo a observação da própria empresa, a causa VII, não será eliminada por esta ação. Uma das melhorias propostas no capítulo 7, no projeto do mapa de valor futuro, consiste em levar o fornecedor de frascos para dentro da fábrica, diminuindo o tempo de entrega de material e aumentando a possibilidade de adequação da produção do fornecedor à necessidade da fábrica, o que, desta forma, atacaria a causa VII. Uma ação futura, que poderia ser implantada em um próximo ciclo de melhoria, seria o estabelecimento de um sistema *kanban* entre o Processo e o fornecedor externo, locado dentro da fábrica.

Pelo descrito acima e pelo mapa de fluxo de valor do estado futuro visto anteriormente, vê-se que a implantação do *kanban* nesta etapa é, de fato, uma melhoria necessária para a melhor eficiência da produção.

#### 8.6.2 Planejamento do sistema *kanban*

O planejamento para a implantação do *kanban* foi desenvolvido juntamente a uma equipe da produção do segundo turno, montada pelo analista de manufatura responsável pelo *case*, como são chamados os projetos de melhoria na fábrica. O grupo de funcionários responsável pela execução do *case* foi composto pelo analista de manufatura do segundo turno, um operador do PI, um operador do Processo *hair* (que inclui a família de *shampoos* - foco deste trabalho – e as famílias de condicionadores, de cremes de tratamento e de creme de pentear), um operador do processo *oral* (das famílias de creme dental, que estavam sendo trabalhadas pela fábrica, mas não entram no escopo do trabalho) e um operador da movimentação.

A seguir, nas figuras 24, 25 e 26, podem ser vistas algumas situações em uma das reuniões realizadas com o grupo.



Figura 24. Discussão da equipe sobre projeto *kanban* (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).



Figura 25. Equipe montando quadro-*kanban* provisório (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).



Figura 26. Equipe pintando o quadro-*kanban* provisório (fonte: fotografia tirada na empresa pela autora durante estudo).

### 8.6.3 O projeto do sistema *kanban*

Como o sistema *kanban* foi desenvolvido para estabelecer a comunicação e o controle da produção entre os centros do PI e do Processo, o centro do PI será considerado o centro fornecedor e o centro de Processo será considerado o centro consumidor.

#### 8.6.3.1 Capacidade do *container*

No caso prático, foi estabelecido que o tamanho do *container* é de uma “carga”, que é o material fabricado pelo centro do PI necessário produzir um tanque (ou um *batch*) do centro de Processo e equivale a 14.127 frascos de *shampoo*.

O Processo é capaz de fabricar, no máximo, 4 *batches* por turno. Como normalmente havia mais cargas disponíveis do que o esperado, fica evidente a perda por superprodução do centro fornecedor.

Foi decidido que seria utilizada uma forma adaptada do sistema *kanban* de um cartão proposto por Moura (1989, p.57), com os itens sendo pedidos de acordo com um programa diário do PCP, mas que este pedido seria traduzido no *kanban* de produção, que seria fixado no painel porta-*kanban* para visualização do centro fornecedor. Este centro produziria as peças solicitadas, retiraria o cartão do quadro, o juntaria ao *container* e os levaria para o supermercado, que ficaria próximo ao centro consumidor. O funcionamento do sistema projetado será explicado detalhadamente mais adiante.

#### 8.6.3.2 Cálculo da quantidade de cartões *kanban*

A base para o cálculo dos cartões *kanban* foi a capacidade máxima de processamento do centro consumidor.

Para o cálculo do número de cartões *kanban*, foi utilizada a equação 10 (PACE, 2003, p.44), vista anteriormente:

$$C = \frac{U}{A} \cdot T_{prod} \cdot (1 + \alpha)$$

que, como mostrado anteriormente, equivale à equação 9, apresentada por Tubino (1999, p. 104):

$$N = \frac{D}{Q} \cdot T_{prod} \cdot (1 + S)$$

No caso prático, as variáveis significam:

$C = N$  = número de cartões *kanban* no sistema (no centro de trabalho) = quantidade de *containers*. Como visto, no estudo de caso, o principal objetivo era reduzir a quantidade de cargas pesadas pelo PI (centro fornecedor), que tem capacidade de sobra em relação à capacidade do Processo (centro consumidor) e Envase, ou seja, evitar a superprodução por antecipação do fornecedor. Assim, a quantidade de cartões ou de *containers* procurada significaria a quantidade máxima de cargas pesadas de PI a serem aceitas no seu supermercado (na área de PI do centro de Processo). Vale lembrar que um *container* é igual a uma carga de PI, que é a quantidade usada para um *batch* do processo.

$U = D$  = demanda média diária do item = consumo diário do item pelo centro consumidor. No caso prático, foi utilizado o período do turno, ao invés do dia. Os dados utilizados para cálculo da demanda foram:

- Velocidade da linha de envase S02: 120 frascos/min
- Eficiência da linha de envase S02: 82%.

Fazendo as conversões de unidade, se a linha de envase S02 produz 120 frascos/min, significa que ela produziria 57.600 unidades (ou frascos) por turno, se operasse com 100% de eficiência, como mostra a equação 15, abaixo.

$$v_{s02} = 120 \frac{unid}{min} \cdot 60 \frac{min}{h} \cdot 8 \frac{h}{turno} = 57.600 \frac{unid}{turno} \quad (15)$$

No entanto, ela apresenta 82% de eficiência, o que leva ao valor de 47.232 frascos/turno, como mostra a equação 16, abaixo.

$$v_{s02} = 57.600 \frac{unid}{turno} \cdot 0,82 = 47.232 \frac{unid}{turno} \quad (16)$$

Em outras palavras, a linha de envase S02 produz 47.232 unidades (ou frascos) por turno.

Para conversão da velocidade considerando a eficiência, em relação à quantidade de massa e não de frasco, foi utilizado o dado:

- Quantidade de produto por unidade (frasco cheio): 361g

Multiplicando-se este dado pela velocidade de produção da linha S02 em unidades por turno e convertendo-se as unidades para kg/turno, obtém-se que a linha de envase S02 consome 17.050kg de produto por turno, conforme equação 17, abaixo:

$$v_{s02} = 47.232 \frac{unid}{turno} \cdot 361 \frac{g}{unid} \cdot \frac{1}{1000} \frac{kg}{g} \cong 17.051 \frac{kg}{turno} \quad (17)$$

Considerando-se que esta é a quantidade de produto que o Processo tem que fornecer ao Envase, a quantidade de cargas que precisará receber do PI será relativa à fabricação desta quantidade.

Com isso, o valor da demanda média em valores de massa completa é de 17.051 kg/turno. Para a quantidade relativa aos pequenos ingredientes (PI), dever-se-ia considerar a porcentagem de PI dentro deste valor, que inclui toda a massa. No entanto, este valor será dividido pela quantidade de itens por *container* (como será visto adiante), que, se for considerado como o valor total da massa (PI + outros), obtém-se a mesma razão que se fossem substituídos os dois valores pela porcentagem de PI. Em outras palavras, considerando-se que a porcentagem de PI fosse de 0,02, calculando-se a razão  $\frac{x}{y}$  obtém-se o mesmo valor que calculando-se  $\frac{0,02x}{0,02y}$ , para qualquer valor da porcentagem.

$A = Q =$  quantidade de itens por *container* (tamanho do lote por *container* = capacidade do *container* = quantidade autorizada por cartão). Como dito anteriormente, foi estipulado o tamanho do lote como a quantidade de massa utilizada pelo Processo, que cabe no pré-mixer e *scud*, por ser uma quantidade difícil de ser alterada. Esta carga, para a família dos *shampoos*, é 5.100kg.

Com estas duas informações (demanda e capacidade do *container*), pode-se perceber rapidamente que o centro fornecedor deveria produzir um pouco mais de 3 *containers* para atender a necessidade do centro consumidor. Considerando-se que a equação estudada faz a equivalência entre o número de *containers* e número de cartões, seriam necessários 3,34 cartões, que obviamente, deveria ser arredondado para 4 cartões, como mostra a expressão 18, que observamos a seguir:

$$C = \frac{U}{A} = \frac{17.051kg/turno}{5.100kg} = 3,34cartões/turno = 4cartões/turno \quad (18)$$

A equação encontrada na literatura é um pouco mais elaborada e considera o tempo necessário para o centro fornecedor produzir os itens ( $T_{\text{prod}}$ ), para então calcular a quantidade de cartões.

$T_{\text{prod}}$  = tempo total para um cartão *kanban* completar um ciclo produtivo, em percentual do dia.

$T_{\text{prod}}$  é uma razão entre o tempo necessário e o tempo disponível, ou seja, se for utilizado uma fração do dia, este fator irá reduzir o número de cartões de produção. Como não foi possível medir a informação, foi necessário que os operadores do PI a inferissem. O  $T_{\text{prod}}$  foi identificado como de 40min para produção de uma carga, que, convertido para turno, chega-se ao valor de 1/12 turno. No entanto, ao utilizar este valor na equação trabalhada, obtém-se a quantidade de 1 cartão *kanban*, que, como explicado no capítulo 7, não pareceu apropriado, pois significaria que o centro fornecedor começaria a produzir outra carga enquanto o centro consumidor estivesse consumindo a carga já produzida, uma de cada vez. Foi estipulado o valor de  $t_{\text{prod}}=1$ . Utilizando este valor na equação 10, obtém-se o resultado de 4 cartões, como demonstrado pela equação 19, a seguir:

$$C = \frac{17.051\text{kg/turno}}{5.100\text{kg}} \cdot 1\text{turno} = 3,343 \text{ cartões} \cong 4 \text{ cartões} \quad (19)$$

Adotando-se a redução de material para esta quantidade, acredita-se que será possível evitar uma tensão na produção acerca de se faltará material e um possível colapso e a descrença no sistema caso falte material e o centro fornecedor, por algum motivo, não tenha condições de suprir de forma imediata.

Este é um dos pontos em que a aplicação da teoria fica difícil e pode desmotivar os profissionais das fábricas a utilizá-la, pois não é simples de se obter os dados corretos e tampouco utilizá-los da forma apropriada. Daí a grande importância de utilizar a experiência dos profissionais envolvidos na produção para analisar se os resultados estão fazendo sentido ou não.

Saber qual o tempo de produção total não é fácil, pois ele contempla não só o tempo de fabricação, mas também o tempo de espera no supermercado (PACE, 2003, p. 45). Como o sistema *kanban* ainda não está implantado, esses dados não estão disponíveis e por estar-se pensando em implantar um *kanban*, provavelmente a produção está correndo de forma desorganizada. Em uma produção assim, é difícil a coleta de alguns dados por medição, como o tempo de espera do *container* no

supermercado, pois é possível que uma carga seja utilizada no momento em que chega ao supermercado, ou que fique semanas sem ser utilizada ou ainda que seja levada para a área de cargas cortadas (no caso prático em questão). Certamente, esta é uma dificuldade encontrada por outras fábricas que tentaram implementar o sistema. Um caso diferente seria se o objetivo fosse aprimorar um sistema *kanban* já utilizado.

$\alpha = S =$  fator de segurança. Foi utilizado um fator de segurança para a família de *shampoos* de 15%.

Substituindo os valores na equação 10, obtém-se a equação 20, abaixo:

$$C = \frac{17.051}{5.100} \cdot 1 \cdot (1 + 0,15) = 3,84 \cong 4 \text{ cartões} \quad (20)$$

Os valores trabalhados acima também podem ser encontrados no quadro 1, a seguir. A última coluna mostra a quantidade de cartões obtida com a fórmula acima.

CÁLCULO DE CONSUMO DAS LINHAS POR TURNO											
HAIR											
Linha	Tipo de produto	(a) Velocidade da linha (unid/min)	(b) Eficiência	(c) Quantidade de produto por unidade (g)	(d) Produção (unid/caixa)	(e) Produção (caixas/turmo) $((a/d) \times 60 \times 8 \times b)$	(f) Produção (unid/turmo) $(d \times e)$	(g) Quantidade de produto por turmo (kg) $(c \times f)$	(h) Tamanho do batch (produto fabricado com uma carga de PI) (kg)	(i) Cargas de PI na área <i>buffer</i> $(g/h)$	Cartões kanban
S02	Shampoo	120	82%	361	12	3.936	47.232	17.051	5.100	3,3	4

Quadro 1. Valores e cálculos para definição da quantidade de cartões *kanban* (fonte: autoria própria).

### 8.6.3.3 Design do quadro-kanban

Com base nessas informações, foi montado o *design* para quadro *kanban*, que pode ser visto na figura 27:

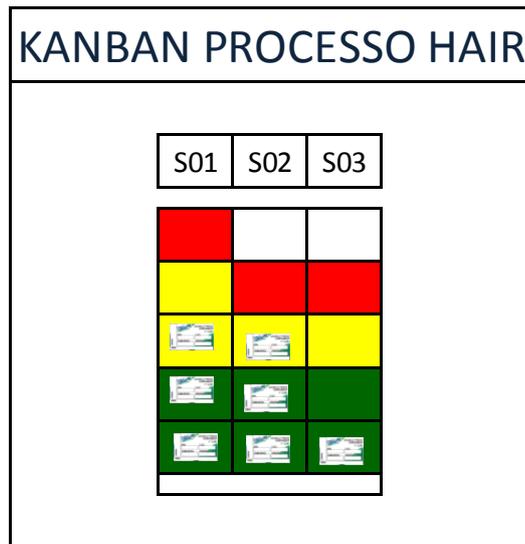


Figura 27. *Design* do quadro-kanban (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

Pode-se perceber que este quadro possui três colunas, mas estas não se referem aos tipos de produto fabricados no centro, como sugerido pela literatura, e sim aos processos de produção. A linha S01 processa e envasa produtos da família de cremes de tratamento e cremes sem enxágue, a linha S02 trabalha a linha de produto estudada neste trabalho, a dos *shampoos*, e a linha S03 é dedicada à família dos condicionadores. Este *design* foi criado pela equipe envolvida no projeto. Por haver uma grande variedade de tipos de produto por cada família, montar o quadro como sugerido pela literatura faria com que fossem necessários 4 quadros para comportar as 4 famílias de produto daquele centro de trabalho. Além disso, cada quadro ficaria muito grande, pois teria aproximadamente 19 colunas, que é a quantidade de tipos de produto da família de *shampoos*.

Isso ocorre por se tratar de uma produção no sistema tradicional com os recursos sendo compartilhados, com o uso do leiaute funcional, como visto acima.

No formato desenvolvido pela equipe, a especificação do tipo de produto ficou apenas nos cartões *kanban* e houve a necessidade de criar uma orientação especial para que o operador do centro consumidor, ao colocar um cartão no quadro, levasse todos os cartões da coluna uma casa para cima, de forma que o novo cartão ocupasse a última casa do quadro. O motivo é simples: se o cartão fosse colocado em uma posição acima de outro no quadro, o produto estipulado por esse cartão seria fabricado antes do que ficou na posição abaixo e se isso se repetisse indefinidamente, o produto especificado pelo cartão abaixo nunca seria produzido, pois outros pedidos passariam na frente, e isso causaria um transtorno no sistema.

#### 8.6.3.4 Design do cartão-kanban

O design do cartão *kanban* foi definido como o mostrado pela figura 28, abaixo:

LINHA: S02	<b>CERAMIDAS</b>	
	MIX: 210743	CUC: 210629
OBS:		

Figura 28. Design do cartão-kanban (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

Em que o número do *mix* é o código referente às matérias-primas pesadas pelo PI e o CUC é o código da massa pronta após o Processo. O cartão traz a indicação do processo a que se refere (“linha S02”) e um campo para observações para ser preenchido pelo operador caso haja necessidade de especificar alguma informação.

#### 8.6.3.5 Funcionamento do sistema *kanban*

O uso do quadro *kanban* foi previsto para ocorrer como mostra o quadro abaixo.

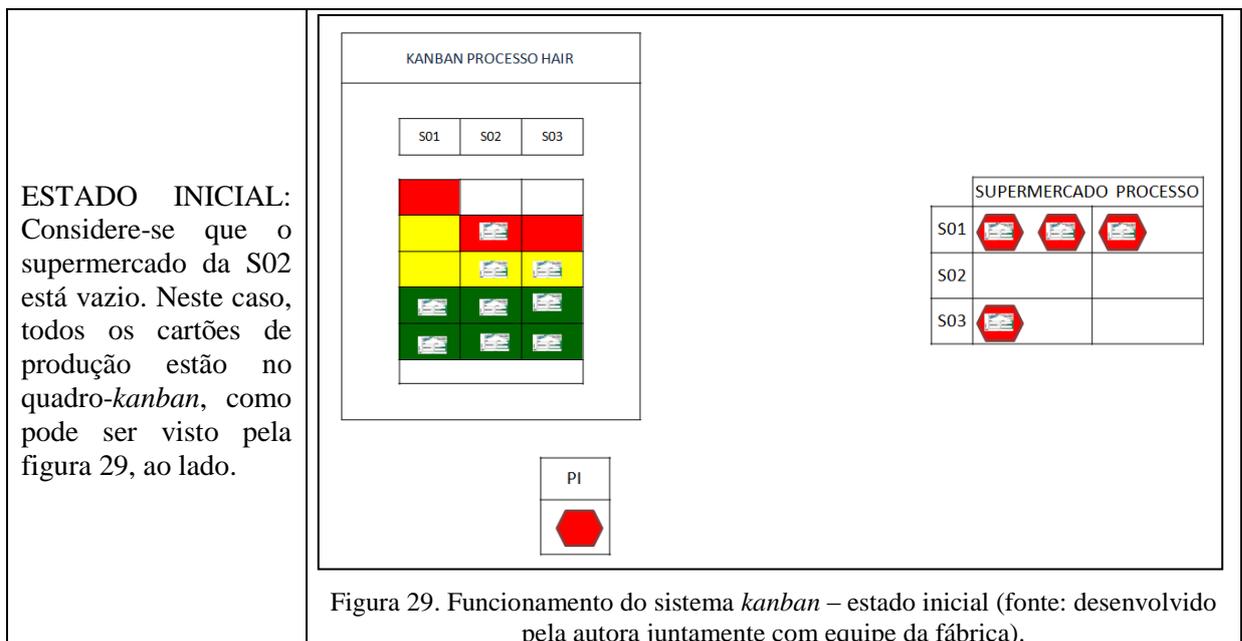


Figura 29. Funcionamento do sistema *kanban* – estado inicial (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

PASSO 1: o operador do centro fornecedor, o PI, vai até o quadro e observa qual o tipo do produto que deve fabricar, ou seja, qual a carga que tem que pesar dado o tipo de *shampoo* que será produzido. Ele vê o primeiro cartão, de cima para baixo. No caso, o que está na linha vermelha. De volta ao PI, ele produz a carga e segue com ela até o quadro, como demonstra a figura 30, ao lado.

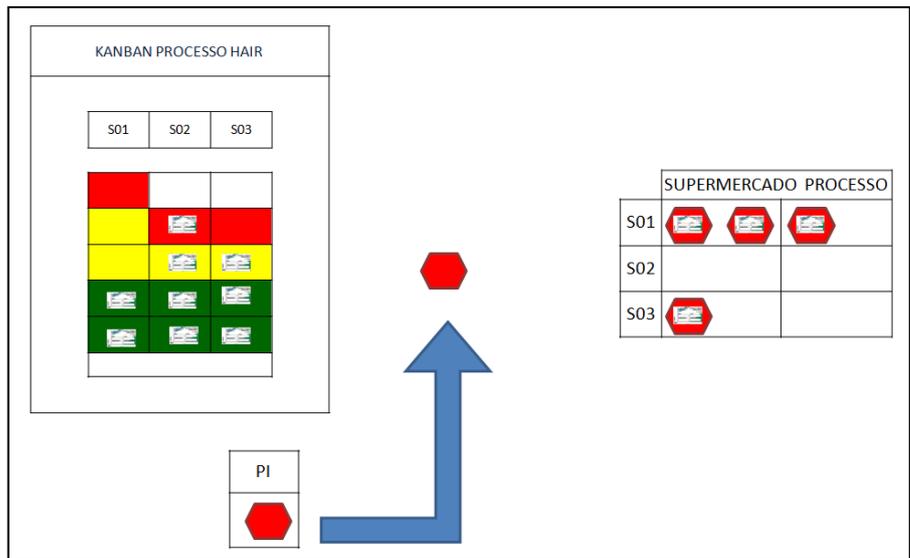


Figura 30. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 1 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

PASSO 2: O operador do PI retira o cartão correspondente à carga que produziu e o coloca sobre a carga, como demonstra a figura 31, ao lado.

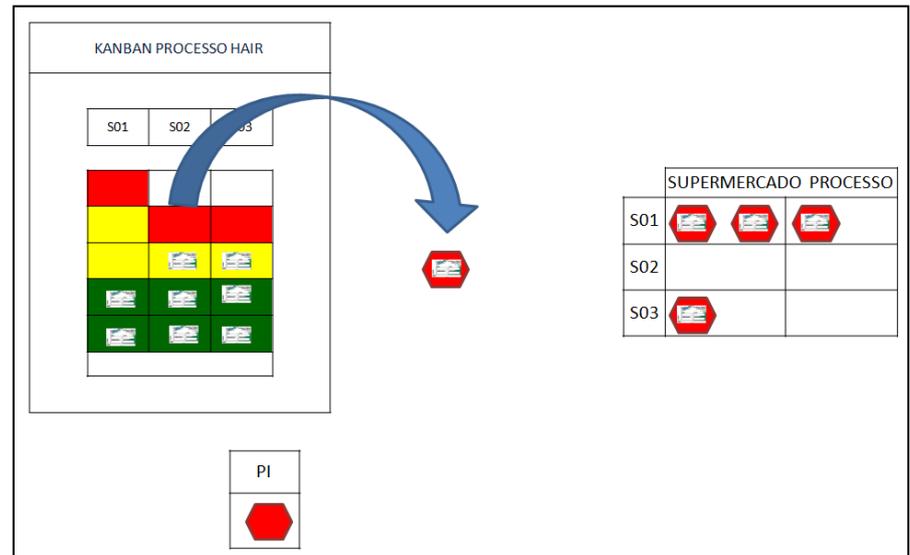
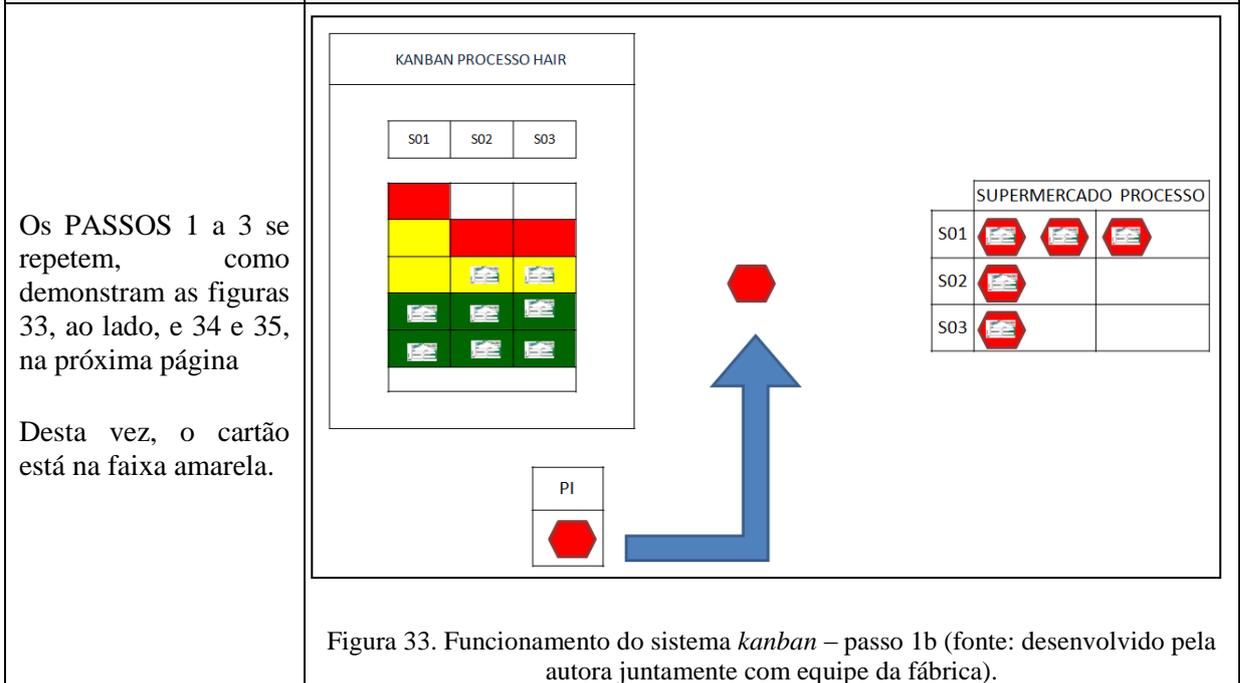
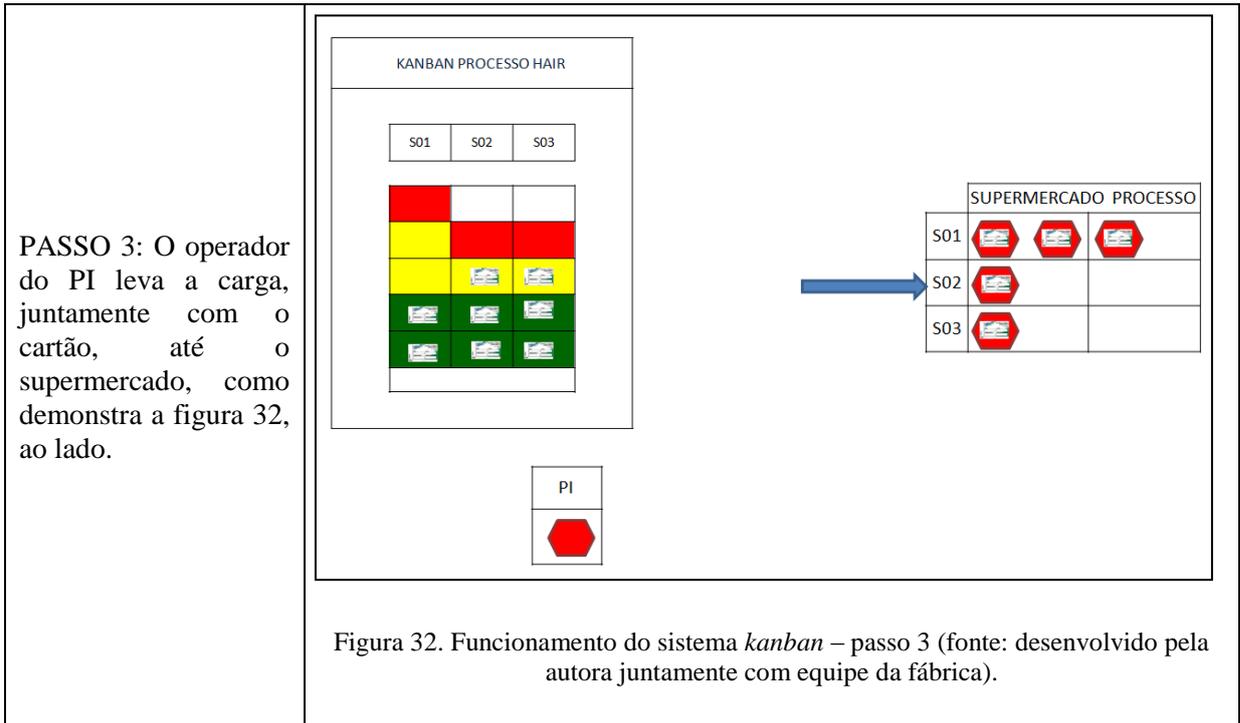


Figura 31. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 2 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).



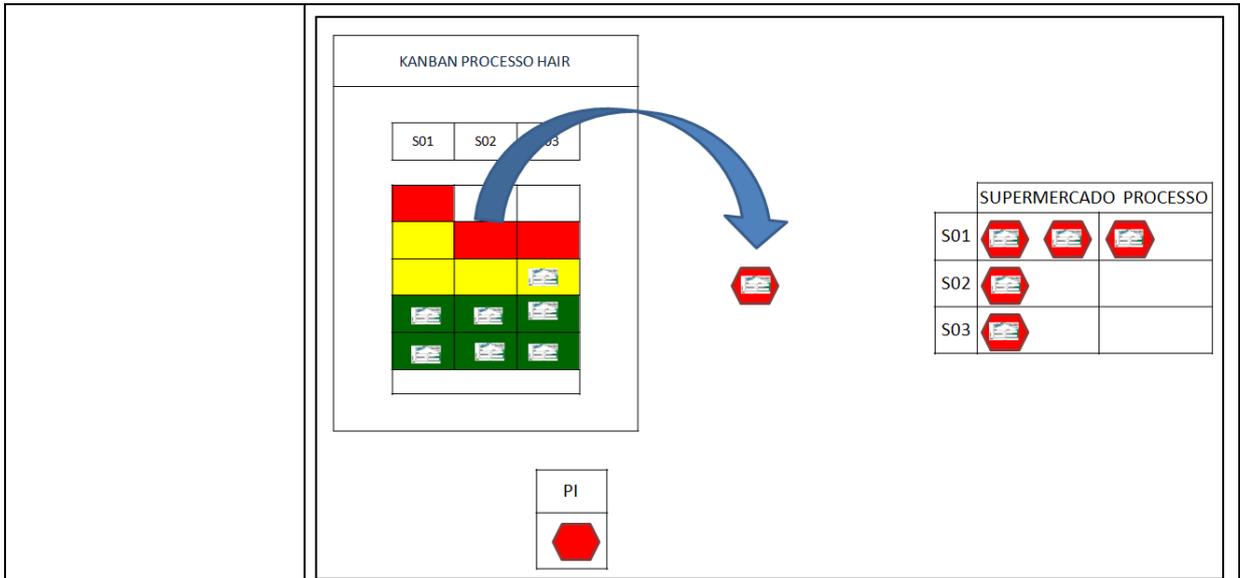


Figura 34. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 2b (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

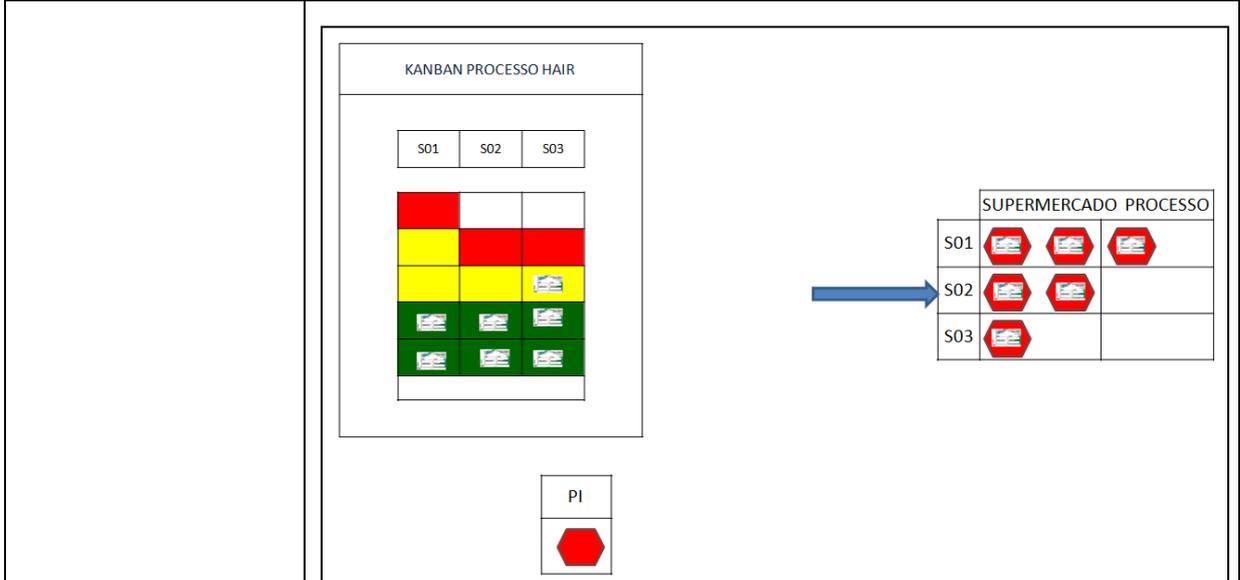


Figura 35. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 3b (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

Os PASSOS 1 a 3 se repetem, como pode ser visto nas figuras 36 e 37, ao lado, e 38 na próxima página.

Desta vez, o cartão já está na faixa verde. Observe-se que a linha S03 tem um cartão na faixa amarela. Neste caso, como o recurso é compartilhado (o PI fornece para todas as linhas) ele deveria produzir para a linha S03 antes de continuar com a S02. No entanto, como se está analisando apenas a produção da família de *shampoos*, trabalhada pela linha S02, considere-se que o operador do PI continua a observar apenas a coluna S02.

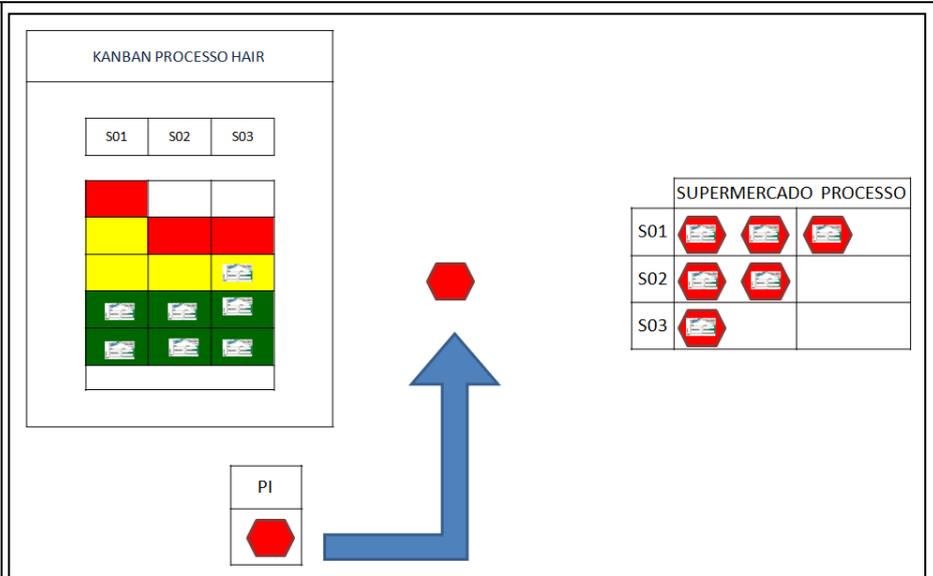


Figura 36. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 1c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

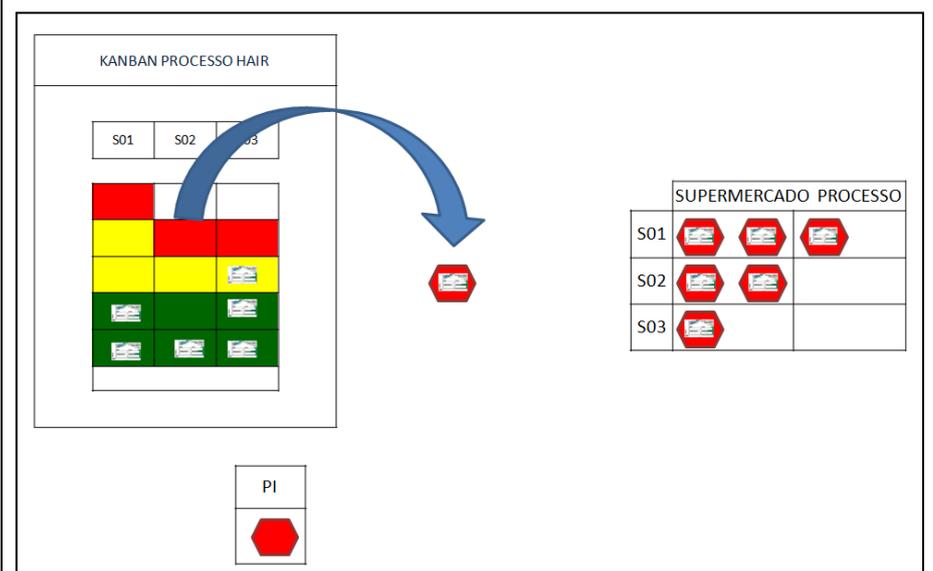


Figura 37. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 2c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

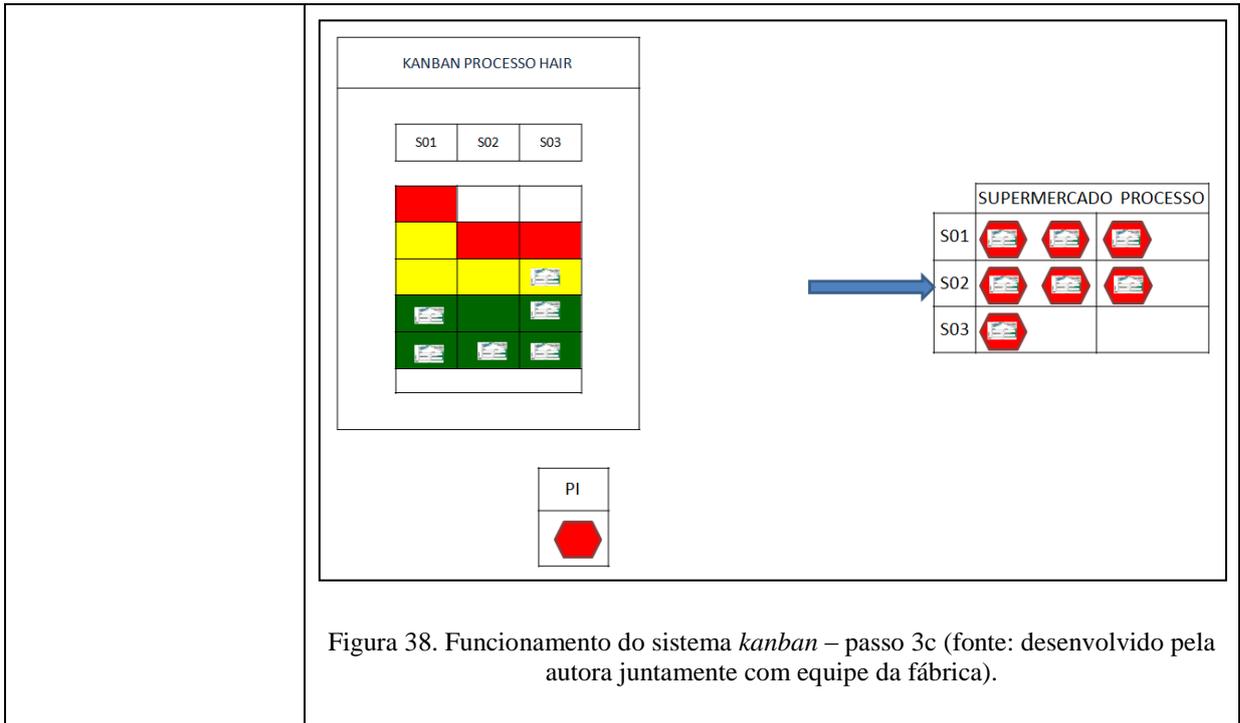


Figura 38. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 3c (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

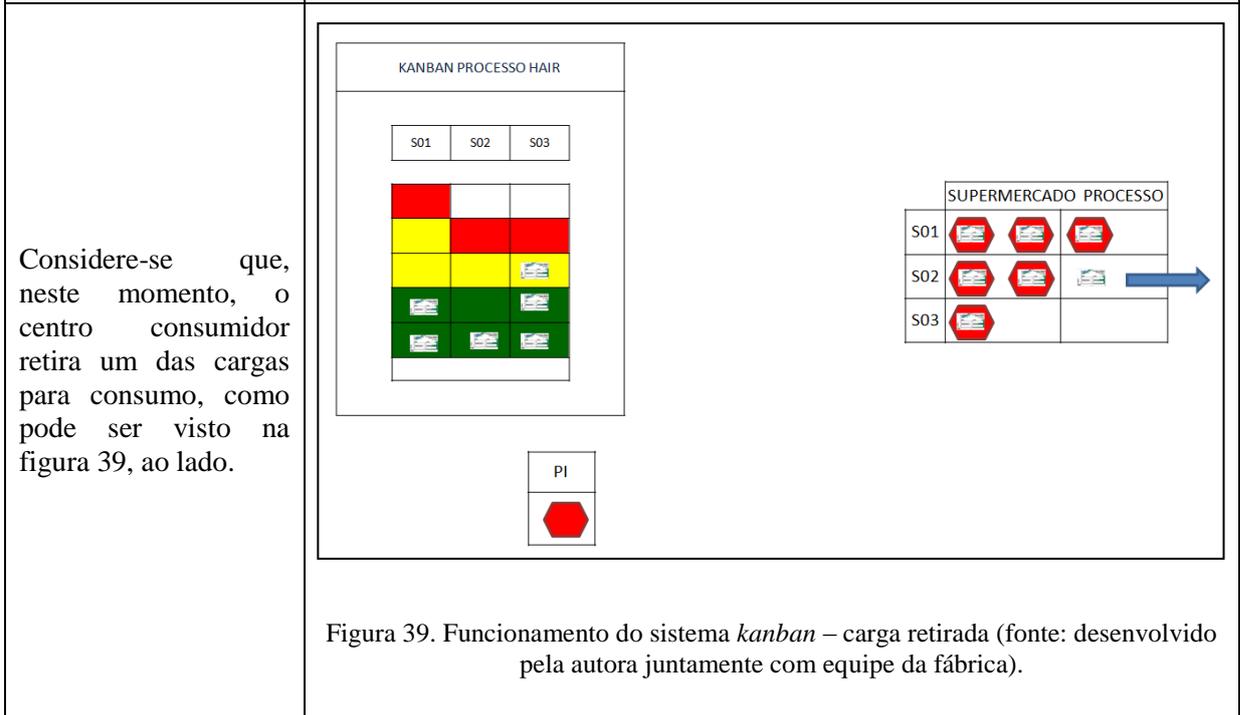


Figura 39. Funcionamento do sistema *kanban* – carga retirada (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

PASSO 4: neste caso, o operador do centro consumidor (o Processo) deve retirar o cartão que estava associado à carga no supermercado e o levar para o quadro *kanban*. Observe-se que, no caso prático, foi preciso estipular que o operador deve mover os cartões que já estavam no quadro para a casa acima e colocar o cartão que acabou de trazer na casa mais abaixo, para garantir que o plano de produção seja seguido, uma vez que o próximo cartão que a ser retirado pelo PI é o que já estava no quadro e que ocupa a primeira casa de cima para baixo. O passo 4 pode ser visto na figura 40, ao lado. O ciclo continua com a repetição dos passos 1 a 3.

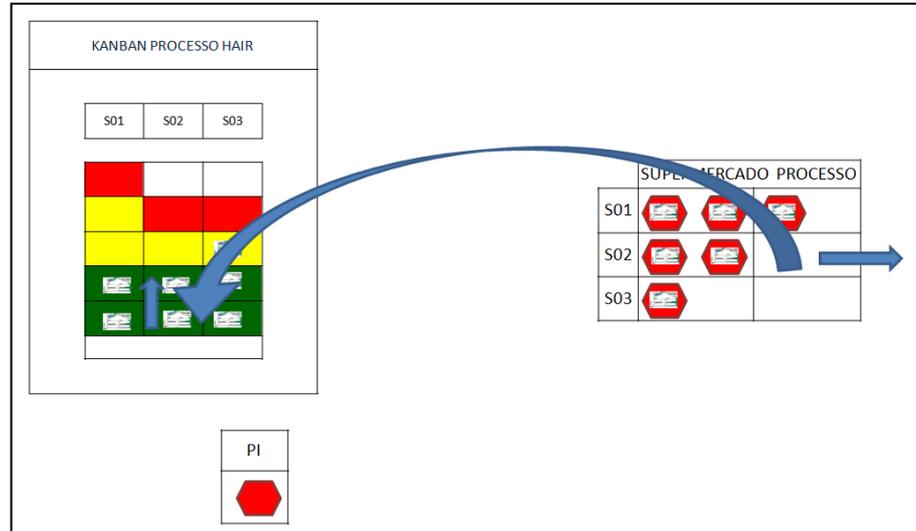


Figura 40. Funcionamento do sistema *kanban* – passo 4 (fonte: desenvolvido pela autora juntamente com equipe da fábrica).

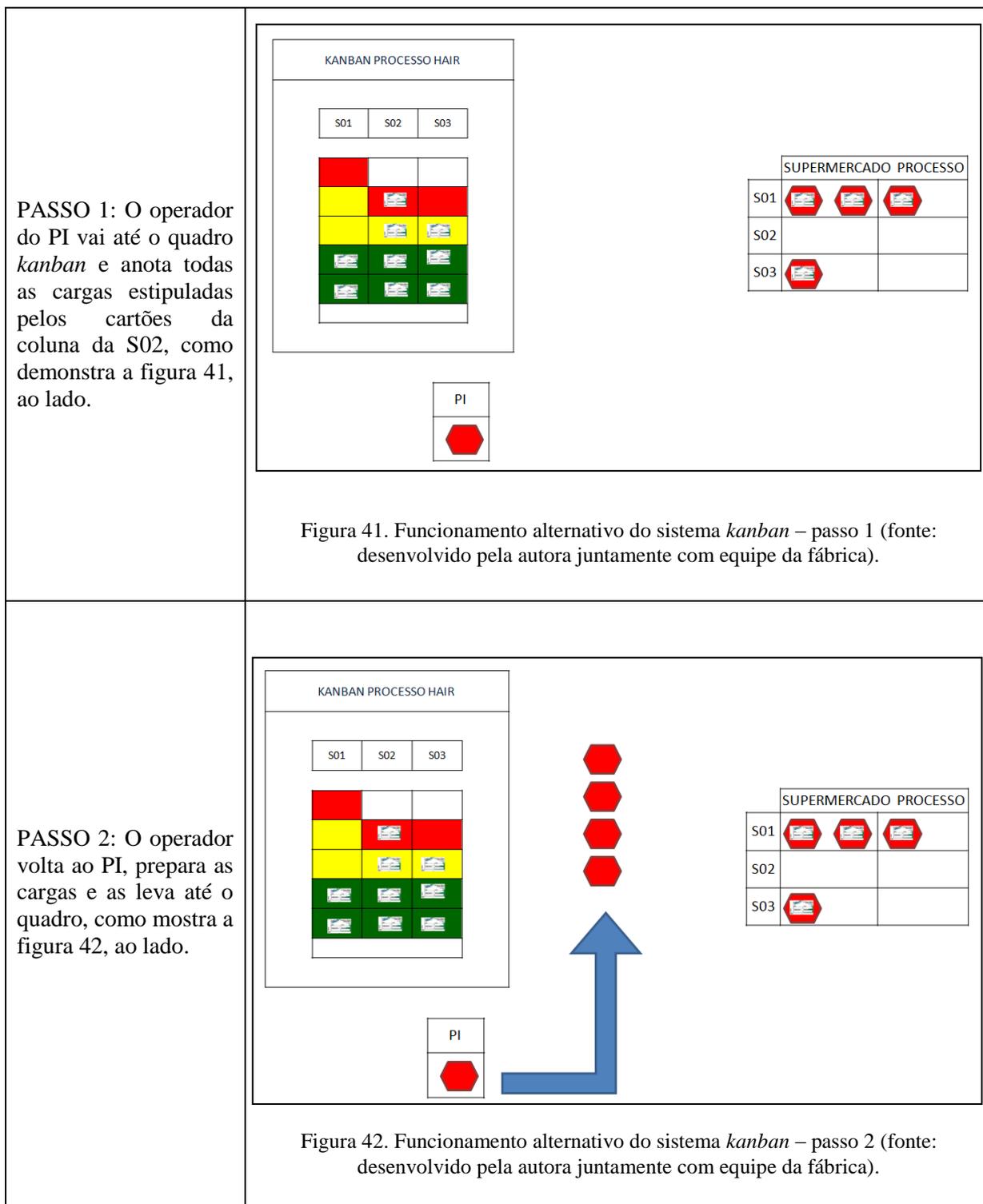
Quadro 2. Funcionamento do sistema *kanban* (fonte: autoria própria).

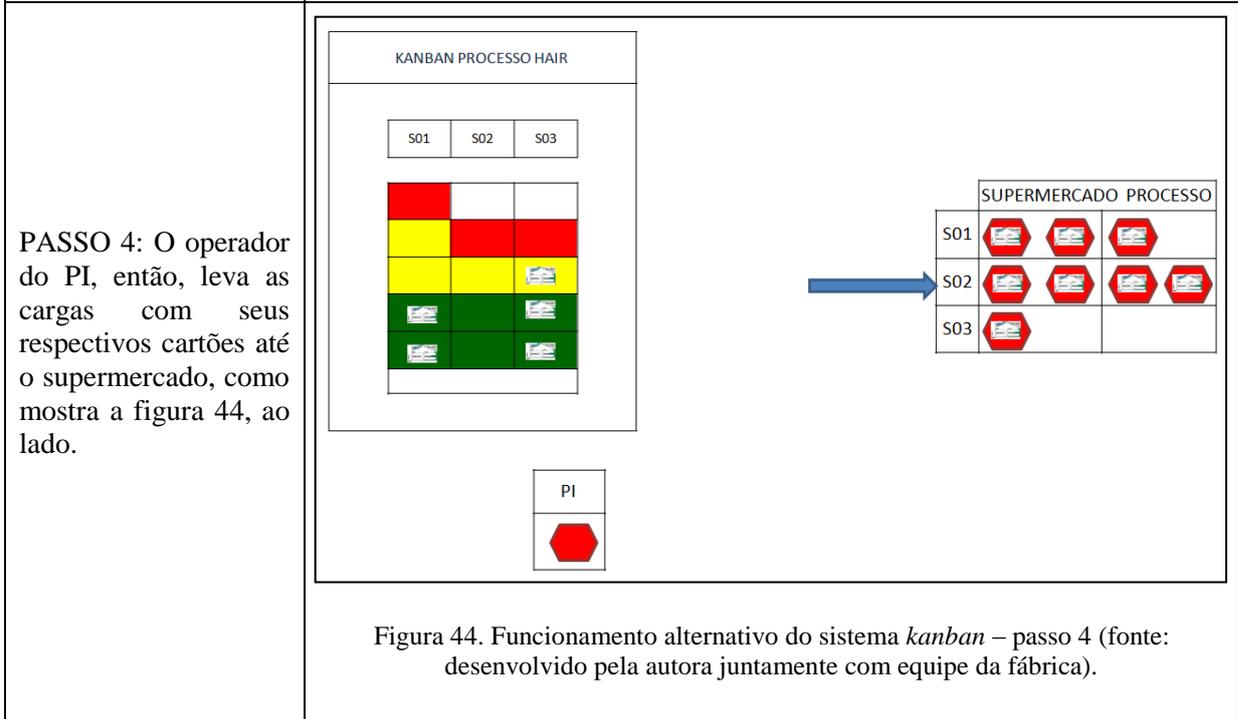
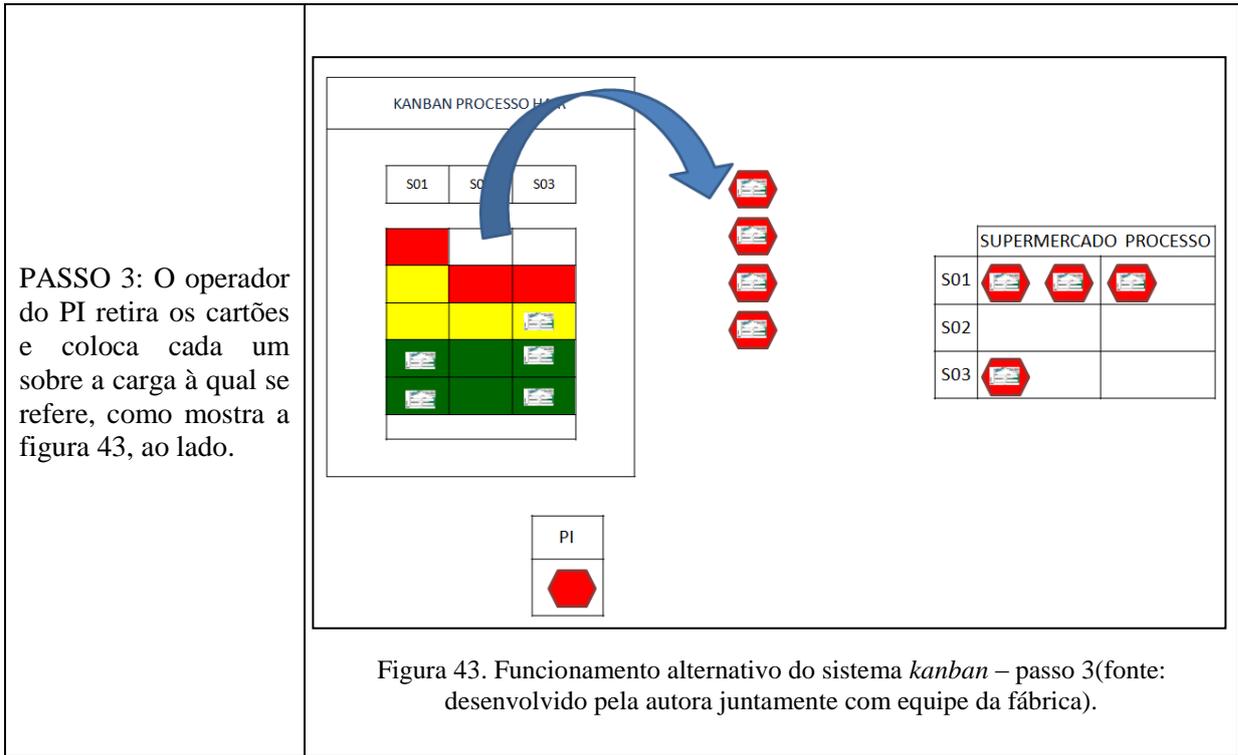
Tubino (1999, p. 99) sugere uma particularidade na utilização do sistema *kanban* ao afirmar que “em algumas aplicações, o operador está autorizado a recolher de uma só vez todos os cartões de um mesmo item visando aproveitar o *set-up* da máquina”.

De forma semelhante, foi criada uma orientação de que é possível o operador do centro fornecedor (PI) preparar a produção de vários cartões ao mesmo tempo. No caso prático, no entanto, não se trata de itens iguais, mas devido ao seu tipo de processo, é mais eficiente, pelo menos na situação atual, que o operador do PI ainda transcorra o processo de pesagem para vários tipos de materiais juntos, ao invés de fazer um tipo de cada vez. O ganho ainda será obtido pela limitação da quantidade de itens fabricados pelo PI (ou de cargas pesadas) para a quantidade que estiver no quadro *kanban*. Vale lembrar que, antes da

implantação do sistema, este centro de trabalho fazia a pesagem de todos os pequenos ingredientes para todos os tipos de produtos que seriam rodados na semana, ocasionando o já referido problema de carga cortada e todas as implicações geradas por ela.

Neste caso, é possível que ocorra o descrito no quadro 3, a seguir.





Quadro 3. Funcionamento alternativo do sistema *kanban* (fonte: autoria própria).

Como se pode observar, apesar de sugerido algo similar por Tubino (1999, p. 99), esta prática não fornece todas as vantagens que o sistema *kanban* pode oferecer, pois, enquanto o PI está fabricando todas as 4 cargas da S02, é possível que a carga da S03 seja

consumida e o processo pare por falta de material. Outro possível problema é não reduzir tanto a possibilidade de carga cortada pela superprodução por antecipação do PI, pois, fabricando as 4 cargas de uma vez, resiste a possibilidade de, por uma mudança de programação, a carga ter que esperar a volta do item à lista de programação. O excesso de cargas no supermercado, pelo menos, continuará eliminado, pois fazendo uma carga de cada vez ou as 4 ao mesmo tempo, o máximo de cargas no supermercado da S02 continuará sendo 4. Como o procedimento de trabalho do PI é muito complexo para ser realizado para cada carga individualmente, a equipe achou por bem abrir esta possibilidade e, em um próximo ciclo de melhoria, aprimorar as atividades do PI para que eles possam fabricar uma carga por vez sem reduzir a eficiência do setor.

É importante ressaltar que, como foi utilizada apenas uma coluna para toda a família de produtos, haverá ao lado do quadro um suporte para armazenar todos os cartões *kanban*. Serão confeccionados 4 cartões de cada tipo de produto, pois é possível que durante todo o turno só seja produzido o mesmo tipo de *shampoo*, havendo necessidade de 4 cartões para ocupar o quadro inteiro. A programação da produção continuará sendo passada ao centro de processo (centro consumidor) pela coordenação de produção em acordo com o plano do PCP, seguindo sugestão de Moura (1989, p.59).

#### 8.6.3.6 Treinamentos

Após a realização do planejamento do projeto *kanban*, a equipe preparou um treinamento para a alta liderança, para que entendessem o funcionamento do sistema e conhecessem quais seriam as vantagens da implantação do projeto. Este treinamento foi dado pelo analista de produção e resultou na aprovação do projeto.

Com a aprovação da alta liderança, foi então preparado o treinamento para todos os funcionários da fábrica. Este treinamento foi dado pelos operadores que participaram da equipe, com o apoio do analista de produção da equipe, para líderes de cada turno, que replicaram o treinamento a todos os operadores. Como já se esperava, houve muitas dúvidas, que foram respondidas pela equipe, resultando no apoio da maioria e desconfiança dos mais avessos a mudanças. Foi aberto um canal com todos os operadores, através dos líderes de cada turno, para que todos pudessem contribuir com o projeto, dando sugestões de melhoria e

possibilidades diferentes de aplicação do sistema na fábrica. Ao final dos treinamentos, todos pareciam interessados pelo projeto e dispostos a cooperar.

#### 8.6.3.7 Implantação do sistema *kanban*

O início da implantação do sistema foi definido para abril de 2010. No entanto, houve algumas mudanças na liderança da fábrica e o projeto está aguardando a definição de nova data.

Apesar de o projeto não estar efetivamente implantado, a equipe já conseguiu alguns resultados positivos, implantando a filosofia do sistema.

Hoje, o PI não prepara uma grande quantidade de cargas antecipadamente como fazia, mantendo apenas 2 *pallets* (ou 6 cargas) no supermercado do Processo. Apesar do quadro ainda não estar fixado, o PI e o Processo estão procurando manter uma comunicação entre os centros para evitar o acúmulo de cargas cortadas.

Como a superprodução no PI não era a principal causa de cargas cortadas (mas, sim, a falta de confiabilidade do fornecimento de materiais para o Envase), como visto no início do caso prático acima, este problema ainda persiste, mas, como previsto, houve uma redução.

## CAPÍTULO 9 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 9.1 Conclusões

O estudo sobre os sistemas de produção foi adequado para dar uma visão geral de cada sistema, de forma a facilitar a identificação e diferenciação entre os tipos.

A classificação dos processos produtivos desenvolvida por Hayes e Wheelwright (1984, p.176) se mostrou bastante robusta, permitindo a identificação e categorização dos processos encontrados na prática dentro dos cinco tipos que adota. Conforme pretendido, a reunião de informações sobre cada categoria formou um material teórico que será bastante útil para aqueles que desejam se aprofundar um pouco mais no assunto. O processo produtivo estudado no caso prático foi enquadrado nas categorias propostas por Hayes e Wheelwright (1984, p.176).

Os tipos de leiaute adotados por Slack *et al* (2009, p.181) também se mostraram apropriados quando confrontados com a realidade. O material teórico formado por este trabalho, associado aos desenhos esquemáticos desenvolvidos para cada tipo de leiaute, também terá boa aplicação para os que buscam conhecer melhor o tema. O leiaute do estudo de caso foi classificado dentro dos tipos adotados por Slack *et al* (2009, p.181).

A ferramenta de mapeamento de fluxo de valor se mostrou bastante útil não só para a identificação do fluxo de materiais e informações (ao que se propõe), mas também para apontar a necessidade da empresa de coletar de dados importantes sobre a produção. Como promete a ferramenta, durante a realização do mapa de fluxo de valor do estado atual, muitas oportunidades de melhoria são, de fato, percebidas. Ficou evidente a complicação do fluxo, a falta de nivelamento das capacidades dos centros de trabalho, as formas de trabalho ineficientes dos centros, a falta de comunicação e os problemas associados, o problema da falta de confiabilidade dos fornecedores, assim como as ocasiões em que os problemas de produção são amenizados por práticas da própria empresa.

Com a análise dos dados obtidos, conclui-se que, apesar de o ritmo de produção da empresa estudada estar muito além do necessário para atendimento do cliente, o *lead time* de 68,59 dias é muito alto, sendo o responsável pela baixa eficiência do fluxo. Por sua vez, o responsável pelo alto *lead time* é o estoque em grande quantidade.

O desenvolvimento do mapa de fluxo de valor futuro gerou uma melhoria de eficiência de 338%, trazendo propostas de mudanças factíveis e reduções de estoque para quantidades ainda confortáveis para a produção acostuada com grandes estoques. Como pretendido, o material teórico desenvolvido, aliado ao relato do caso prático, formaram uma fonte de informações sobre como aplicar a ferramenta que será útil para gestores que pretendem utilizar o MFV em suas fábricas ou a qualquer um que queira conhecer melhor a ferramenta, e poderá servir como incentivo para a geração de outros materiais sobre o assunto.

O sistema *kanban*, como esperado, foi bastante difícil de ser planejado. Como o projeto foi totalmente desenvolvido por uma equipe formada pela autora e cinco funcionários da empresa onde ocorreu o caso prático, sem apoio de um consultor ou profissional experiente no assunto, muito esforço e tempo foi despendido para compreensão mais aprofundada da teoria e, principalmente, para fazer a adequação à realidade da fábrica. Muitas reuniões foram realizadas, com toda a equipe, para identificação de quais eram os dados da produção necessários e como seria possível obtê-los ou calculá-los. As equações disponíveis na literatura também foram longamente analisadas quanto à sua coerência quando aplicadas à realidade da fábrica. Por fim, o funcionamento do sistema foi planejado de forma a alterar a realidade em busca da melhoria, mas de forma aceitável pelos trabalhadores dos centros de trabalho envolvidos. Para isso, algumas modificações foram feitas nas sugestões da literatura. Com o projeto pronto e analisado por toda a equipe, foi percebida a qualidade da ferramenta, a sua real capacidade de melhorar a eficiência dos processos produtivos e a fluidez que gera no fluxo do processo. Apesar de o projeto não ainda ter sido implantado, por mudanças na liderança da fábrica, já está trazendo resultados positivos. Após perceber as falhas do processo produtivo, identificar as oportunidades de melhoria e conhecer a forma como implantá-las, a equipe colocou em prática algumas ações que geraram progressos para a produção. A superprodução do centro fornecedor foi reduzida e foi estabelecida uma comunicação efetiva entre o centro fornecedor e o centro consumidor, a fim de reduzir a incidência do problema de cargas cortadas. Com o caso prático, ficou evidente o poder de um trabalho em equipe, assim como ficou clara a importância de uma empresa manter uma alta liderança coerente com a filosofia geral da empresa.

O estudo de caso mostrou que, mesmo em empresas de classe mundial, como a pesquisada, onde muitos dados são coletados para análise, muitos outros dados não o são, de forma que muitas informações importantes podem não estar disponíveis, dificultando a aplicação de algumas ferramentas de gestão. Algumas vezes não é possível realizar uma análise histórica para comparação do estado anterior com o estado posterior à melhoria. Os

dados do momento atual da pesquisa se tornam pontuais e, algumas vezes, as situações mais extremas não ocorrem durante o período em que se está realizando a pesquisa, não podendo ser notificadas devidamente, fazendo com que a pesquisa tenha que ser fundamentada, em alguns pontos, em relatos dos funcionários da empresa. Muitas falhas do processo são consideradas normais e muitas não são percebidas pela empresa, gerando desperdícios que poderiam ser evitados com uma análise mais aprofundada dos processos, da forma como os dados são coletados e de sua adequação à realidade.

## 9.2 Sugestões de trabalhos futuros

Alguns trabalhos podem ser desenvolvidos para aumentar o conhecimento sobre os temas, como:

- Desenvolvimento de uma sistemática de aplicação passo-a-passo do MFV.
- Desenvolvimento de uma sistemática de aplicação passo-a-passo do sistema *kanban*.
- Realização de um estudo aprofundado sobre cálculos usados para obtenção de dados de produção utilizados pelas duas ferramentas, como *lead time*, tempo de processamento, entre outros, sua adequação à realidade das fábricas e informações que oferecem.
- Análise de custo da aplicação do MFV e *kanban* evidenciando o lucro obtido com as melhorias.
- Realização de um estudo sobre aplicação do MFV nas áreas administrativa, a exemplo do TPM *Office*, e em empresas de serviço.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO FILHO. **ArcelorMittal estuda plano de expansão e novo laminador**. Programa de desenvolvimento de fornecimento do estado do Espírito Santo, 2010. Disponível em: <http://www.pdf-es.com.br/index.php?getx=noticias&intId=261>. Acesso em 13 maio 2010.

BURGER, M. **O Balanced ScoreCard no monitoramento do desempenho do processo de implementação da produção enxuta**: um estudo de caso. Recife, 2004, 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco.

CHASE, R., JACOBS, F. R., AQUILANO, N. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas**. 11. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

CHIAVENATO, I. **História da administração**: entendendo a administração e sua poderosa influência no mundo moderno. São Paulo: Saraiva, 2009.

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

DENNIS, P. **Produção lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças**. Taubaté, 2004. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional). Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté.

FIAT CLUB, 2007. **Visita virtual à fábrica da Ferrari** – em Modena e Maranello – Itália. Disponível em <http://www.fiatclub.com.br/fiat/viewtopic.php?t=197>. Acesso em 05 maio 2010.

GANDRA, B. **Desenvolvimento de modelo matemático do fluxo de líquidos no cadinho do alto-forno**. Belo Horizonte, 2006, 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

GHINATO, P. Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. *In: Produção & Competitividade*: Aplicações e Inovações. Recife: Editora da UFPE, 2000. Disponível em: <http://www.pdfqueen.com/pdf/li/livro-sistema-toyota-de-produ%C3%A7%C3%A3o/>. Acesso em: 02 jun. 2009.

HAYES, R., WHEELWRIGHT, S. **Restoring our Competitive Edge**: competing through manufacturing. New York: John Wiley and Sons, 1984, p. 177 – 181.

JACOBS, F., CHASE, R. **Administração da produção e de operações**: o essencial. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LEÃO, S. e SANTOS, M. Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em intervenções de manutenção preventiva. **Revista Produção Online**, v.9, n.1, p.2-27, mar. de 2009. Disponível em <http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/view/205/310>. Acesso em mar. 2009.

LEÃO, S. **Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em intervenções de manutenção preventiva**. Recife, 2006, 79p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Faculdade Boa Viagem.

LIKER, J., MEIER, D. **O modelo Toyota**: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MOREIRA, D. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOURA, R. **Kanban**: a simplicidade do controle da produção. 6. ed. São Paulo: IMAM, 1989.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PACE, J. **O kanban na prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

PARANHOS FILHO, M. **Gestão da produção industrial**. Curitiba: Ibplex, 2007.

PINTO, A., NASCIF, J. **Manutenção** - função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

RITZMAN, L., KRAJEWSKY, L. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ROCHA, D. **Fundamentos da administração da produção**. Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 2002.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. Ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Disponível em: <http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>. Acesso em jun. 2010.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STEVENSON, W. **Administração de operações da produção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

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

ULTIMATE factories. **Ferrari**, Maranello, Itália. 52 min. National Geographic, 2006.

VIEIRA, M. G. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. Florianópolis, 2006, 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

WOMACK, J., JONES, D., ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ZANCHET, T.; SAURIN, T.; MISSEL, E. Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em um centro de material e esterilização de um complexo hospitalar. SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA AMÉRICA DO SUL, VII., 2007, Salto, Uruguay. **Portal do Conhecimento**. Disponível em [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/199\\_Aplica%C3%A7%C3%A3o%20do%20Mapeamento%20de%20Fluxo%20de%20Valor%20em%20um%20centro.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/199_Aplica%C3%A7%C3%A3o%20do%20Mapeamento%20de%20Fluxo%20de%20Valor%20em%20um%20centro.pdf). Acesso em dez de 2009.