

ESTE TRABALHO CORRESPONDE A REALIZAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Alexandre Davini
Georgetti E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 12/07/04.
Paulo C. Lima
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Implementação da Manufatura Enxuta em um
Ambiente com diversidade de componentes e kits
de entrega**

Autor: Alexandre Davini Georgetti

Orientador: Prof. Dr. Paulo Correa Lima

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO ENGENHARIA FABRICAÇÃO – DEF**

**Implementação da Manufatura Enxuta em um
Ambiente com diversidade de componentes e kits de
entrega**

Autor: Alexandre Davini Georgetti

Orientador: Prof. Dr. Paulo Correa Lima

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2004

S.P. – Brasil

NIDADE	<u>26</u>
CHAMADA	<u>Unicamp</u>
	<u>G295i</u>
	EX
OMBO BC/	<u>61534</u>
ROC.	<u>16-86-05</u>
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
REÇO	<u>11,00</u>
ATA	<u>03-1-05</u>
CPD	

bid: 340901

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G293i	Georgetti, Alexandre Davini
G295i	Implementação da manufatura enxuta em um ambiente com diversidade de componentes e kits de entrega / Alexandre Davini Georgetti. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.
	Orientador: Paulo Correa Lima.
	Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.
	1. Planejamento. 2. Fluxo de valor. 3. Just-in-time. 4. Engenharia de produção. 5. Controle de produção. 6. Produtividade industrial. I. Lima, Paulo Correa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Implementação da Manufatura Enxuta em um
Ambiente com diversidade de componentes e kits de
entrega**

Autor: Alexandre Davini Georgetti

Orientador: Prof. Dr. Paulo Correa Lima



Prof. Dr. Paulo Correa Lima, Presidente

UNICAMP



Prof. Dr. Antonio Batocchio

UNICAMP



Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes

EESC – USP – SÃO CARLOS

Campinas, 12 de Julho de 2004

Dedicatória:

Dedico este trabalho aos meus pais, Ubirajara e Catarina.

Agradecimentos:

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto aqui minha homenagem:

Aos meus pais, Ubirajara e Catarina, por toda minha formação, amor, carinho e incentivo recebidos.

Aos meus familiares e, em especial, a minha irmã Flávia e a minha tia Odila pelo apoio e incentivo no decorrer deste trabalho.

À Natalina e ao Sr. José por fazerem parte da minha vida.

Ao professor Ulisses S. Ribeiro (in memoriam) por ter despertado em mim o gosto pelas ciências exatas.

Ao professor Oswaldo L. Agostinho pela orientação na escolha das disciplinas a serem cursadas no início deste trabalho.

Ao professor Paulo C. Lima pela orientação dentro e fora da Universidade, e por acreditar que este trabalho poderia ser levado adiante.

Ao corpo gerencial da Eaton Ltda – Divisão Transmissões, em especial a João V. Faria, Antônio C. Galvão, José J. Possobom, Felipe Donnangelo e João B. Anjos pelo apoio, incentivo e por permitirem o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de trabalho Régis Carreira, Roberto Possebom, Marcelo Polo, André Scarance, Marcos Betioli e Jefferson Silvestre, Marcos Sabino, Ricardo Collaço pela torcida e pelo apoio.

Poucos são aqueles que lutam
por aquilo que almejam.
(autor desconhecido)

Resumo

GEORGETTI, Alexandre Davini, *Implementação da Manufatura Enxuta em um Ambiente com diversidade de componentes e kits de entrega*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado)

Este trabalho objetiva apresentar a estratégia de implementação de um sistema de produção puxada ao longo de toda a cadeia produtiva de um Ambiente de Manufatura com diversidade de componentes, restrições de fluxo e necessidade de envio de produtos na forma de kits. Com esse propósito, aplica-se a metodologia da pesquisa aplicada e da pesquisa ação, uma vez que os resultados dos estudos realizados são utilizados na solução de uma situação prática ao mesmo tempo em que o tema central do trabalho é investigado. Utiliza-se dessa forma os conceitos de um Sistema Kanban de diversas maneiras: Kanban eletrônico, cartões Kanban, Kanban visual na restrição de fluxo e Kanban de duas gavetas com cliente. Na busca da melhoria contínua do sistema implementado, apresenta-se o link do Kanban com a busca pela redução do tempo de setup e mostra-se, a criação de um sistema de informação gerencial para a reportagem do status desse Sistema de Manufatura; o qual tem o objetivo de sinalizar à alta administração desse Ambiente Manufatura a situação do mesmo, sem que para isso seja necessário percorrer todos os quadros Kanban implementados. Por fim, apresenta-se os resultados obtidos.

Palavras Chave

- Manufatura Enxuta, Produção Puxada, Kanban, Mapa de Fluxo de Valor, Planejamento.

Abstract

GEORGETTI, Alexandre Davini, *The Implementation of Lean Manufacturing in a Manufacturing Environment with components diversity and products being delivered in a kit concept*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 113p. Dissertação (Mestrado)

The purpose of this work is to show the implementation strategy of a pull system through the whole manufacturing process of a Manufacturing environment with components diversity, flow constraints and requirements to delivery products in a supply kit concept. With this purpose, the methodology used can be classified as applied and action research since the results of the experiments done are used in the solution of a real situation at the same time the main theme of this work is investigated. In order to achieve this, the Kanban concepts are used in different manners: electric Kanban, Kanban cards, visual Kanban at the major flow constraint and withdrawn Kanban with customer. Looking for a continuous improvement of the implemented Kanban system, one manner to link the Kanban system with a setup reduction strategy is shown; and a managerial information system to report the status of this Manufacturing Environment is created, which has the objective of reporting to the senior managers of this Environment its status, without needing them to go over all the Kanban boards implemented. Finally, the results gotten are shown.

Key words

- Lean Manufacturing, Pull system, Kanban, Value Stream Map, Management.

Índice

Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiv
Lista de Gráficos	xv
Nomenclatura	xvi
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Contextualização e justificativa do trabalho	1
1.2 Objetivos do trabalho	3
1.3 Metodologia de pesquisa	3
1.4 Conteúdo do trabalho	4
Capítulo 2 Princípios de Manufatura Enxuta	6
2.1 Surgimento, evolução e declínio da produção em massa	6
2.2 Ascensão da Produção Enxuta	8
2.3 Desperdícios na Manufatura	13

2.4	O pensamento enxuto	17
2.5	Considerações finais	24
Capítulo 3 Produção Puxada e o Nivelamento da Produção		25
3.1	Produção Empurrada e Produção Puxada	25
3.1.1	Produção Empurrada – MRP	26
3.1.2	Produção Puxada	29
3.2	Sistema Kanban	33
3.2.1	Tipos de Kanban	34
3.2.2	Dinâmica do Sistema Kanban	37
3.2.3	Regras do Kanban	38
3.2.4	Quadros Kanban	40
3.3	Nivelamento da Produção	43
3.3.1	Tempo Takt	44
3.3.2	Requisitos necessários para o nivelamento	45
3.4	Considerações finais	46
Capítulo 4 Implementação Produção Puxada em um Ambiente de Manufatura com diversidade de componentes, restrições de fluxo e envio de produtos na forma de kits		48
4.1	Ambiente de Manufatura e suas características	49
4.2	Os kits de transmissões	54
4.3	Mapa Fluxo de Valor Estado Inicial	58
4.4	Estratégia Implementação do Sistema Kanban	63
4.5	Sistema Kanban Matéria-Prima	67
4.6	Sistema Kanban Manufatura	70
4.6.1	Dimensionamento faixas cores Quadros Kanban	73
4.6.2	Link Kanban Manufatura com Quarto Ferramentas	82
4.7	Kanban com Cliente	84
4.8	Sistema Gerencial de Informação	92

4.9	Melhoria Sistema de Movimentação	94
4.10	Resultados Obtidos	96
4.11	Considerações Finais	102
Capítulo 5	Conclusões e Recomendações	105
	Referências Bibliográficas	107
	Bibliografia Recomendada	111

Lista de Figuras

Figura 2.1	Os Sete Desperdícios	14
Figura 2.2	O Sistema Toyota de Produção e os sete tipos de perdas	16
Figura 2.3	Os Sete Desperdícios e o caminho para redução de custo	18
Figura 3.1	Fluxo de material e de Informação – Produção Empurrada	29
Figura 3.2	Fluxo de material e de Informação – Produção Puxada	31
Figura 3.3	Dinâmica do Sistema Kanban	35
Figura 3.4	Cartões Kanban Requisição de Material e Disparo	36
Figura 3.5	Disposição das Faixas em um Quadro Kanban	40
Figura 3.6	Exemplo de um Quadro Kanban	41
Figura 3.7	Significado de cada faixa do Quadro Kanban	42
Figura 4.1	Layout do Ambiente de Manufatura	51
Figura 4.2	Fluxo de Processo Componentes Engrenamento	53
Figura 4.3	Kit 1 de abastecimento	56
Figura 4.4	Kit 2 de abastecimento	56
Figura 4.5	Kit 3 de abastecimento	56
Figura 4.6	Esboço da Linha de Montagem do Cliente	57
Figura 4.7	Mapa Esquemático do Fluxo de Valor – Estado Inicial	59
Figura 4.8	Mapa Esquemático do Fluxo de Valor - “coração” Manufatura	62
Figura 4.9	Estratégia de Implementação do Sistema Kanban	64
Figura 4.10	Planilha cálculo Kanban Matéria-Prima	67
Figura 4.11	Supermercado de Forjados	68
Figura 4.12	Planilha Reportagem Kanban Matéria-Prima	69

Figura 4.13	Quadro Kanban Implementado Manufatura	71
Figura 4.14	Tabela Dimensionamento dos Quadros Kanban	72
Figura 4.15	Quadros Kanban Células de Acabamento	76
Figura 4.16	Cartões Kanban Utilizados	77
Figura 4.17	Cartões Kanban Completos	77
Figura 4.18	Dinâmica de funcionamento do Kanban - Usinagem Verde	79
Figura 4.19	Dinâmica de funcionamento do Kanban - Usinagem Acabamento	81
Figura 4.20	Kanban Visual na Área Tratamento Térmico	81
Figura 4.21	Quadro de Prioridades	82
Figura 4.22	Quadro Kanban Setup	84
Figura 4.23	Bolsas de Embarque	85
Figura 4.24	Panorama do Sistema Kanban implementado	88
Figura 4.25	Mapa Esquemático do Fluxo de Valor - Estado Atual	89
Figura 4.26	Dinâmica do Sistema Kanban implementado	91
Figura 4.27	Relatório Gerencial Ambiente de Manufatura	93

Lista de Tabelas

Tabela 4.1	Relação entre kits transmissões e kits abastecimento	55
Tabela 4.2	Exemplo do método de arredondamento empregado	74

Nomenclaturas

JIT	Just-in-time
GM	General Motors
MRP	Material Requirement Planning
CONWIP	Constant Work in Process
FKS	Flexible Kanban System
GKS	Generalized Kanban System
EKCS	Extended Kanban Control System
TR	Tempo Resposta
FIFO	First-in-First-Out

Capítulo 1

Introdução

1.1 – Contextualização e justificativa do trabalho

Têm-se observado nas últimas décadas grandes mudanças no mercado global e no brasileiro, especialmente após a abertura do mercado e o fim do regime militar, quando praticamente todos os tipos de produtos têm sido ofertados a preços globais, com inovações constantes, com ciclo de vida de produtos cada vez menor em função dessas inovações e com prazos de entrega menores.

Dessas mudanças bruscas nos produtos surgiu a necessidade do corpo gerencial das empresas buscarem estruturar seus sistemas de manufatura de forma que os mesmos sejam flexíveis, rápidos e só produzam aquilo que está sendo demandado pelo mercado consumidor.

Nessa linha de raciocínio, a eliminação de desperdícios e a criação de valor ao longo de toda a cadeia produtiva tornaram-se requisitos mandatórios para a sobrevivência das empresas. Nesse cenário, o Just-in-time, é um dos pilares do Sistema de Manufatura Enxuta, encontrou um ambiente bastante favorável para sua ampliação.

Tendo sido criado no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, pela necessidade da Toyota em se reerguer após a guerra, o Sistema de Manufatura Enxuta tem como objetivo permitir

respostas rápidas ao cliente, fabricando produtos com qualidade, ao mesmo tempo em que busca flexibilidade e baixos custos de produção.

Assim sendo, o excesso de produção é um dos principais, se não o maior desperdício que um Sistema de Produção pode ter, pois gasta-se recursos, sejam máquinas ou homens, matéria-prima e insumos fabricando mercadorias a mais, enquanto um pedido que está realmente vendido, fica à espera desses recursos para ser produzido; comprometendo certamente sua flexibilidade, e por consequência, qualquer tentativa de se buscar respostas rápidas aos clientes.

Uma das técnicas para se lidar com essa situação é a produção puxada. Segundo Womack e Jones (1996), em termos simples, a produção puxada significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço enquanto o processo seguinte não o solicite.

A maneira mais difundida de se atingir esse processo é através do Sistema Kanban, o qual não é senão um meio para atingir um fim, segundo Shingo (1996).

Diversas empresas têm procurado implementar o Sistema Kanban em seus Ambientes de Manufatura. Muitas dessas empresas implementam o Kanban em parte de seus processos e depois voltam a programar sua produção baseada em uma previsão de vendas.

Essa atitude decorre do fato de que muitos trabalhos já foram apresentados por diversos autores sobre como calcular o número de Kanbans, como definir os quadros Kanban e como escolher o ponto de disparo do sistema; porém mostra-se na literatura uma ausência de trabalhos que apresentem uma estratégia de implementar um Sistema Kanban em toda a cadeia produtiva, mostrando como lidar com diversidade de componentes, restrição de fluxo e distância física entre plantas industriais; bastante comum nas empresas nos dias de hoje.

Dessa forma constatou-se um espaço para discussão da implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em um Ambiente de Manufatura com diversidade de componentes e restrições de fluxo, de forma a abranger toda a cadeia produtiva, mostrando uma seqüência lógica

de implementação e a utilização das diferentes formas do Kanban em função da estruturação desse Ambiente de Manufatura.

1.2 – Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como objetivos:

- √ Realizar uma revisão bibliográfica do surgimento da Manufatura Enxuta, do Sistema Kanban e de sua dinâmica de funcionamento;
- √ Desenvolver uma estratégia de implementação de um sistema de puxar a produção;
- √ Analisar um Ambiente de Manufatura com diversidade de componentes, restrições de fluxo e necessidade de envio de componentes na forma de kits;
- √ Implementar um sistema de puxar a produção ao longo de toda a cadeia produtiva de um Ambiente de Manufatura como forma de garantir o abastecimento em kits;
- √ Desenvolver um sistema de informação gerencial que informe a alta administração de um Ambiente de Manufatura, seu status de maneira visual e de fácil tomada de decisão.

1.3 – Metodologia de Pesquisa

A correta definição da metodologia de pesquisa é fundamental para que se possa alcançar a qualidade esperada para uma dissertação. Dentro dessa metodologia, é preciso deixar claro alguns pontos, como os fins da pesquisa, suas fontes, qual o procedimento será adotado e por fim, qual o método de pesquisa será empregado.

Tendo como base os objetivos deste trabalho, observa-se que se trata de uma pesquisa aplicada pois os resultados dos estudos realizados serão utilizados na solução de uma situação prática.

Como fonte de pesquisa, trata-se de uma pesquisa teórica, uma vez que as teorias, informações, dados e outros aspectos utilizados para se atingir os objetivos propostos virão basicamente de livros, artigos e outros trabalhos sobre o tema.

O procedimento adotado pode ser classificado como pesquisa-ação, uma vez que ao mesmo tempo em que o tema deste trabalho é investigado, ações são apresentadas para a solução de um problema real.

Por fim, o método de pesquisa utilizado será o método funcionalista pois o Sistema de Manufatura em análise necessitará ser avaliado como um todo, considerando-o como um sistema integrado por partes inter-relacionadas e interdependentes, que se influenciam e estão em constante atividade, desempenhando suas funções globais.

1.4 – Conteúdo do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, cujo conteúdo é apresentado a seguir.

O capítulo 1 apresenta uma breve introdução sobre Manufatura Enxuta, relata os objetivos deste trabalho, a metodologia de pesquisa empregada, e por fim mostra como ele está estruturado.

O capítulo 2 apresenta as origens do Sistema Toyota de Produção e os desperdícios que podem ocorrer em um Sistema de Manufatura. A seguir, discute-se um dos principais elementos desse sistema de produção, explicando os objetivos do JIT e qual sua relação com o Sistema Toyota de Produção. Ao final discute-se a importância da cadeia de valor e como ela está associada ao Just-in-time.

O capítulo 3 apresenta os dois mais importantes elementos do Just-in-time, a produção puxada e o nivelamento da produção. A seguir, explica-se os princípios da produção puxada e o funcionamento do Sistema Kanban, explorando seus tipos, suas regras e sua dinâmica de funcionamento. Ao final discutem-se o nivelamento da produção, os requisitos necessários para que ele ocorra e a forma como este interage com o Sistema Kanban.

O capítulo 4 apresenta a implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em um Ambiente de Manufatura de uma indústria multinacional que atua no ramo de auto-peças, descrevendo a organização desse Ambiente de Manufatura, suas restrições de fluxo, a necessidade de envio de componentes na forma de kits, a estratégia de implementação do Sistema Kanban adotada; assim como, apresenta uma proposta de sistema de informação gerencial com a finalidade de reportar o status desse ambiente à alta administração do mesmo. Por fim, analisam-se os resultados obtidos.

O capítulo 5 conclui o trabalho, lembrando seus objetivos, e por fim sugere algumas recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Princípios da Manufatura Enxuta

O presente capítulo apresenta as origens do Sistema Toyota de Produção e os desperdícios que podem ocorrer em um sistema de manufatura.

A seguir, discute-se um dos principais elementos desse sistema de produção e explicam-se os objetivos do JIT e qual sua relação com o Sistema Toyota de Produção .

Discute-se também a importância da cadeia de valor e como ela está associada ao Just-in-time.

2.1 - Surgimento, evolução e declínio da produção em massa baseado em Ford

Foi no início do século 20, no então sistema de produção FORD, que os primeiros esforços para melhorar o sistema produtivo começaram a fluir.

A chave para a produção em massa não residiu na introdução da linha de montagem em movimento contínuo; consistiu na completa e consistente intercambiabilidade das peças, e na facilidade de ajustá-las.

Em 1908, após FORD ter conseguido a intercambiabilidade das peças, chegou à conclusão de que um montador executaria uma única tarefa, movimentando-se de um veículo para outro. Com isso reduziu o ciclo tarefa do operador de uma média de 5,14 para 2,3 minutos.

Finalmente, FORD reconheceu o problema trazido pela movimentação dos operários de uma plataforma de trabalho para outra: o fato do operador perder um certo tempo de operação mesmo que as distâncias percorridas fossem de apenas poucos metros. De acordo com Fumagali (2001), a grande façanha de FORD veio, então na primavera de 1913, com a introdução da linha de montagem móvel, em que o carro era movimentado em direção ao trabalhador, que permanecia parado.

Tal inovação diminuiu o ciclo de trabalho de 2,3 para 1,19 minutos; a diferença era resultado do tempo economizado pelo trabalhador por ficar parado em vez de caminhar e pelo ritmo mais acelerado de trabalho que a linha móvel podia propiciar.

Ao enorme ganho de produtividade obtido, seguiu-se uma inevitável redução de custos; e entre 1908 e 1920 o custo do modelo T caiu para 1/3 do que era antes. É como se hoje fosse possível a redução do preço de um carro de R\$ 15000,00 para R\$ 5000,00 somente por ganhos de produtividade.

A produção em massa de FORD orientou a indústria automobilística por mais de meio século, e acabou sendo adotada em quase toda a atividade industrial na Europa e América do Norte, segundo Fumagali (2001).

A produção em massa mudou a face do mundo e prosseguiu sua carreira vitoriosa até 1955, quando as três grandes automobilísticas americanas – FORD, GM e Chrysler – produziam 95% das vendas mundiais e apenas 6 modelos principais vendendo mais de 7 milhões de unidades. Começou então a queda do modelo de produção em massa porque novos ventos começavam a soprar.

Tal situação de estagnação na produção em massa teria prosseguido indefinidamente se não tivesse uma nova indústria automobilística emergido do Japão. De acordo com Fumagali (2001), a verdadeira importância de tal indústria estava no fato de não se tratar de uma mera réplica do agora vulnerável enfoque norte americano para a produção em massa.

Após a segunda guerra mundial, o Japão teve seu sistema de produção destruído vendo-se obrigado a reorganizar seu parque industrial e adotar, como modelo, a indústria americana, então totalmente baseada na produção em massa.

Todavia as técnicas de produção em massa adotadas pelas indústrias americanas e européias não eram compatíveis com a situação econômica encontrada no Japão, pois o mercado comprador de seus produtos era exclusivamente o mercado interno, com uma capacidade muito limitada de absorver a produção, ao qual certamente o paradigma da FORD de “o que você produzir, você vende” dificilmente se aplicaria.

Ao contrário da produção em massa com variação restrita de modelos, não seria o caso, no Japão, de se produzirem pequenas séries de numerosos modelos diferentes ?

2.2 - Ascensão da Produção Enxuta

A verdadeira importância dessa indústria japonesa que começava a surgir após a segunda Guerra Mundial estava no fato de não se tratar de uma mera réplica do até então venerável enfoque norte americano para a produção em massa.

Assim como FORD, o Sistema Toyota de Produção está baseado no fluxo de produção. A diferença é que, enquanto FORD se preocupava com a estocagem de peças, Ohno (1998) eliminou o estoque.

Para compreender as razões que levaram Ohno a adotar essa postura, precisamos traçar o cenário que perdurava no Japão por volta de 1950. No final de 1949, um colapso de vendas

forçou a Toyota a dispensar grande parte de sua força de trabalho. Em 1950, ela havia produzido 2685 automóveis ao ano, enquanto uma só fábrica americana, a FORD, mantinha uma média de 7000 carros por dia.

Como disse Ohno (1997), o sistema tinha de produzir séries restritas de produtos diferenciados e variados. Nesse sentido, ele era o inverso do modelo de produção adotado por FORD. O problema fundamental desse sistema era o de ganhar produtividade em um cenário de manufatura onde as quantidades a serem produzidas não aumentavam, contrariando o paradigma principal da produção em massa.

Se as quantidades não podiam ser aumentadas, o caminho era racionalizar a produção e eliminar os desperdícios, o que aliás constitui outro ponto fundamental do espírito Toyota. Era necessário ganhar produtividade pensando de forma contrária à pregada por FORD, e a qual havia sido responsável pelo crescimento das principais montadoras americanas, entre elas a FORD e a própria General Motors.

Aumentar o volume de produção nem passava pela cabeça de Ohno, pois não havia mercado para seus produtos. O que ele realmente queria e precisava era diminuir o custo e produzir diversos carros em pequenas quantidades.

Principalmente durante a década de 80, ficou evidente que as características existentes no Japão, e que instigaram Ohno na busca de novas soluções, espalharam-se pelo mundo. Com as mudanças de mercado, fabricar muitos produtos em volumes pequenos passou a ser o requisito básico para atender as necessidades do mercado consumidor. Assim, o principal elemento que Ohno trabalhou foi a obtenção de flexibilidade operacional.

Dessa necessidade surgiu o que ele chamou de espírito Toyota (Ohno 1997). Desse espírito Toyota, surgiu o que se chamou mais tarde de Sistema Toyota de Produção, ou ainda, Manufatura Enxuta, dada a sua filosofia de se produzir mais e mais com cada vez menos e em séries diversas de produtos.

Abordando o Sistema Toyota de Produção sob outro aspecto, Monden (1998) disse que esse sistema nasceu dos esforços dos japoneses de emparelhar-se com a indústria automotiva do ocidente, sem dispor do benefício de fundos ou instalações magníficas, conforme mencionado por Campos (2000).

Se por um lado FORD deparou-se com condições que lhe favoreceram desenvolver a produção em massa, por outro lado, Ohno se deparou com situações completamente diferentes que o induziram a pensar diferente de FORD.

Por volta de 1949-50, na Toyota, segundo o próprio Ohno, durante os primeiros 20 dias do mês acumulavam-se estoques de peças e produtos em estágio de produção, para nos últimos 10 dias do mês dar “start” à montagem dos veículos.

Com esse processo de produção, a Toyota viu-se sem fundos financeiros para a compra de materiais e peças essenciais à fabricação de seus automóveis, devido ao excesso de desperdício de material e tempo que perdurava até então. Desse cenário iria surgir mais adiante a idéia de se produzir com estoque próximo de zero.

Como no Taylorismo, também no Toyotismo há o permanente conflito entre a busca de produtividade (que se traduz em produzir mais com menos mão-de-obra) e o respeito pela humanidade, que pode ser traduzido de forma livre como o respeito pelos trabalhadores enquanto pessoas humanas.

Ainda segundo Monden (1998), as condições ambientais precisam ser mudadas como pré-requisito para a introdução do sistema japonês. É preciso que haja uma relação de comprometimento maior entre fabricante – fornecedor, assim como entre a alta gerência e o pessoal de chão-de-fábrica.

O êxito de Ohno consistiu na perfeita junção de todas as áreas que compõem um sistema de produção, do planejamento de produtos através de todas as etapas da fabricação e da coordenação do sistema de suprimentos até o atendimento ao consumidor.

O conceito de produção enxuta reúne o melhor da produção em massa, que são a intercambiabilidade das peças e a repetibilidade dos processos, com o melhor da produção artesanal, traduzido na produção de pequenos lotes. Com isso a produção enxuta apresenta a capacidade de reduzir o custo unitário e aumentar a qualidade; e tudo isso com uma variedade de produtos crescente e um trabalho cada vez mais estimulante.

O Sistema Toyota de Produção é a antítese da produção em grandes lotes e não da produção em massa, pois mesmo quando a quantidade total de um pedido for grande, os pedidos podem ser atendidos em pequenas quantidades sem geração de estoque; conforme afirma Shingo (1996), no livro “O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção”.

Dessa necessidade da Toyota de atender clientes diversos no menor tempo possível nasceu o conceito do *JIT – Just-in-time* na então Toyota Motor Company, no início da década de 60; segundo Shingo, essas palavras, em japonês, significam “no momento certo, oportuno”.

No livro “A Máquina que mudou o mundo” (1992), Womack e Jones renovam a mensagem do Just-in-time. O sistema de manufatura apresentado por esses dois autores tem como objetivo permitir respostas rápidas aos clientes através da flexibilidade de volume e mix de produção, manufaturando produtos de qualidade e a um baixo custo de manufatura. Ainda segundo Womack e Jones (1992), esse objetivo é atingido através da eliminação de desperdícios e criação de valor ao longo da cadeia produtiva.

Black (1998) distingue o sistema de manufatura do sistema de produção. Para ele, o sistema de produção é muito mais amplo que o sistema de manufatura, que abrangeria apenas os processos combinados. Já os sistema de produção incluem o cliente, o mercado, as finanças, a engenharia de projeto, a pesquisa e desenvolvimento, o planejamento e o controle de produção, compras.

Ainda segundo Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção, ou Manufatura Enxuta, tem como objetivo aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios ao longo de toda a cadeia de produção, denominados Muda em japonês.

Shingo (1996) afirma que o Sistema Toyota de Produção é um sistema que visa à eliminação total das perdas. E mais do que isso, é um sistema no qual se procura pelo desperdício, que geralmente não é notado porque se tornou aceito como uma parte natural do trabalho diário.

Colocando os princípios do Toyotismo sob a ótica da engenharia industrial, Shingo chegou à conclusão:

- conceito de menor custo é o conceito básico em todo o Sistema Toyota de Produção;
- manter o menor custo requer a luta permanente para a eliminação de desperdícios;
- a produção deve ser sempre subordinada à demanda sob encomenda;
- os grandes lotes de produção devem ser abandonados;
- as necessidades de produção sob encomenda (alta diversidade, pequenas quantidades, entregas rápidas e manipulação da flutuação de carga) só podem ser atingidas com a eliminação de desperdícios da superprodução;
- o sistema reconhece as vantagens do uso de máquinas automatizadas e que independam dos trabalhadores;
- a redução da mão-de-obra é uma permanente para a redução de custos.

Segundo Monden (1998), se os conceitos de Just-in-time são aplicados para a fábrica toda, então o inventário desnecessário da fábrica será eliminado, tornando as áreas de estocagem sem finalidade.

Shingo (1996) afirma que o Just-in-time não é mais que uma estratégia para atingir a produção sem estoque. Os custos decorrentes do inventário serão diminuídos e a taxa de giro de capital irá aumentar substancialmente.

A maior fonte de desperdício identificada foi o excesso de produção. Trata-se de produzir antes, mais rápido, ou mais do que é requerido pelo cliente, segundo Shingo (1996).

De acordo com o mesmo autor, trabalhando assim, as máquinas estão sempre ocupadas, gastando matérias primas, energia e recursos humanos - operadores . O material produzido em excesso deve ser estocado ocupando área; além disso, os defeitos são descobertos muito tempo depois de produzidos.

Em suma, os pedidos urgentes devem esperar as máquinas acabarem de fabricar o que já está em produção.

Segundo Monden (1998), o Sistema Toyota de Produção é um método racional de fabricar produtos pela completa eliminação de elementos desnecessários na produção, com o propósito de reduzir custos.

Ainda segundo Shingo (1996), a eliminação implacável do estoque não é em si o objetivo final. O alvo real é reduzir custos, e a eliminação do estoque não é nada mais do que um meio para atingir esse fim.

2.3 - Os desperdícios na Manufatura

Embora o excesso de produção seja a maior fonte de desperdício, outras seis foram também identificadas pelo Sistema Toyota de Produção e devem ser igualmente eliminadas, segundo Shingo (1996). Esses sete desperdícios são ilustrados na figura 2.1.

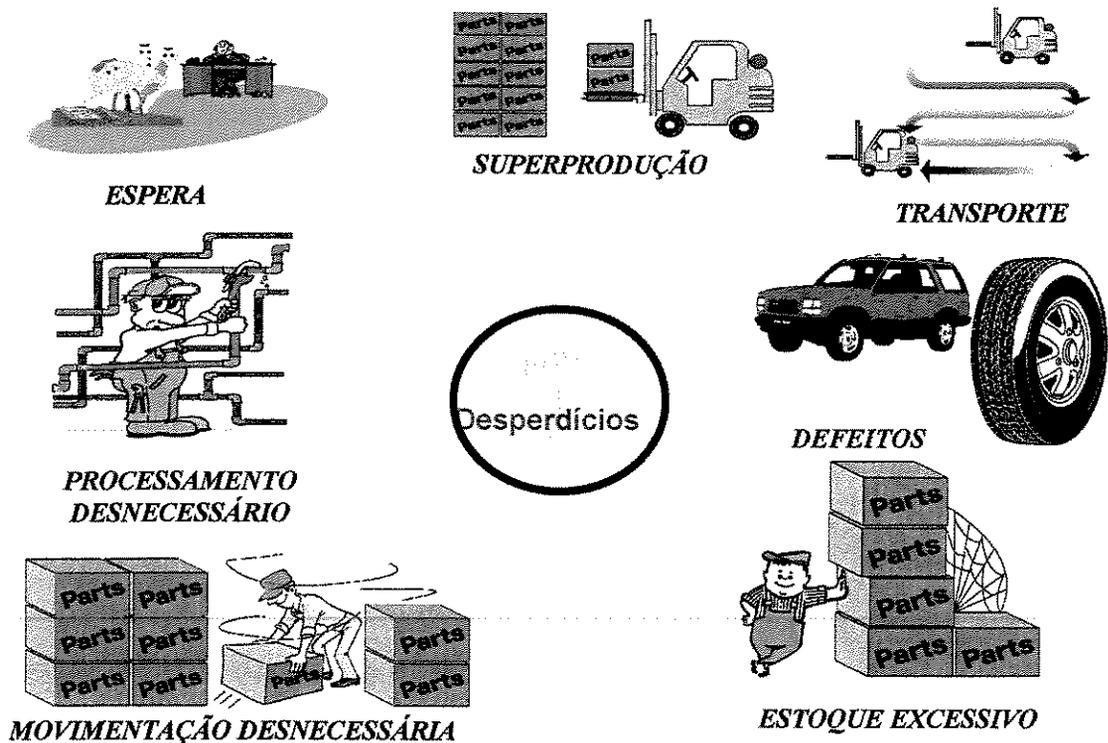


Figura 2.1: Os Sete Desperdícios

Os desperdícios identificados na figura 2.1 podem ser descritos como sendo:

- i) *Desperdício espera*: esperar ordens de produção, informação, componentes, o pessoal de manutenção consertar equipamentos;
- ii) *Desperdício com excesso de produção*: considerado por Ohno (1997) como a pior fonte de desperdício. Produzir antes, mais rápido ou além do que é pedido pelo cliente é prejudicial para a empresa, pois até que os itens sejam solicitados pelos clientes a eles estarão associados os custos de inventário;
- iii) *Desperdício com transporte*: transportar produtos entre dois pontos quaisquer na empresa não faz com que os produtos sejam trabalhados e portanto não se está agregando valor a eles;

iv) *Desperdício em gerar defeitos*: os itens que não têm reparo são descartados; o material, mão-de-obra e recursos agregados a eles são simplesmente descartados (não voltam mais). E se esses itens são descobertos quando já chegaram aos clientes incluem ainda custos de indenização, reposição, perda de imagem, e confiabilidade da empresa, o que é muito difícil de ser mensurado;

v) *Desperdício de inventário excessivo*: inventário se traduz em custos de alocação espaço, manuseio, custos de organização, seguro; e é, mais do que isso, dinheiro que poderia ser usado em investimentos, por exemplo;

vi) *Desperdício movimentação desnecessária*: a movimentação de produtos sem necessidade acarreta desperdício semelhante aos gerados pelas atividades de transporte;

vii) *Desperdício processamento desnecessário*: são os desperdícios relacionados às operações que são desnecessárias e pelas quais os clientes não estão dispostos a pagar.

A figura 2.2 ilustra como esses sete desperdícios podem ocorrer dentro das operações desempenhadas pelo Sistema Toyota de Produção.

A visualização de todos esses desperdícios pode ser interpretada pelo pensamento enxuto, que é segundo Womack e Jones (1996), no livro “A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine desperdício e crie riqueza”, uma forma de se fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo – e simultaneamente, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

Estes foram os princípios que deram origem ao chamado Sistema Toyota de Produção.

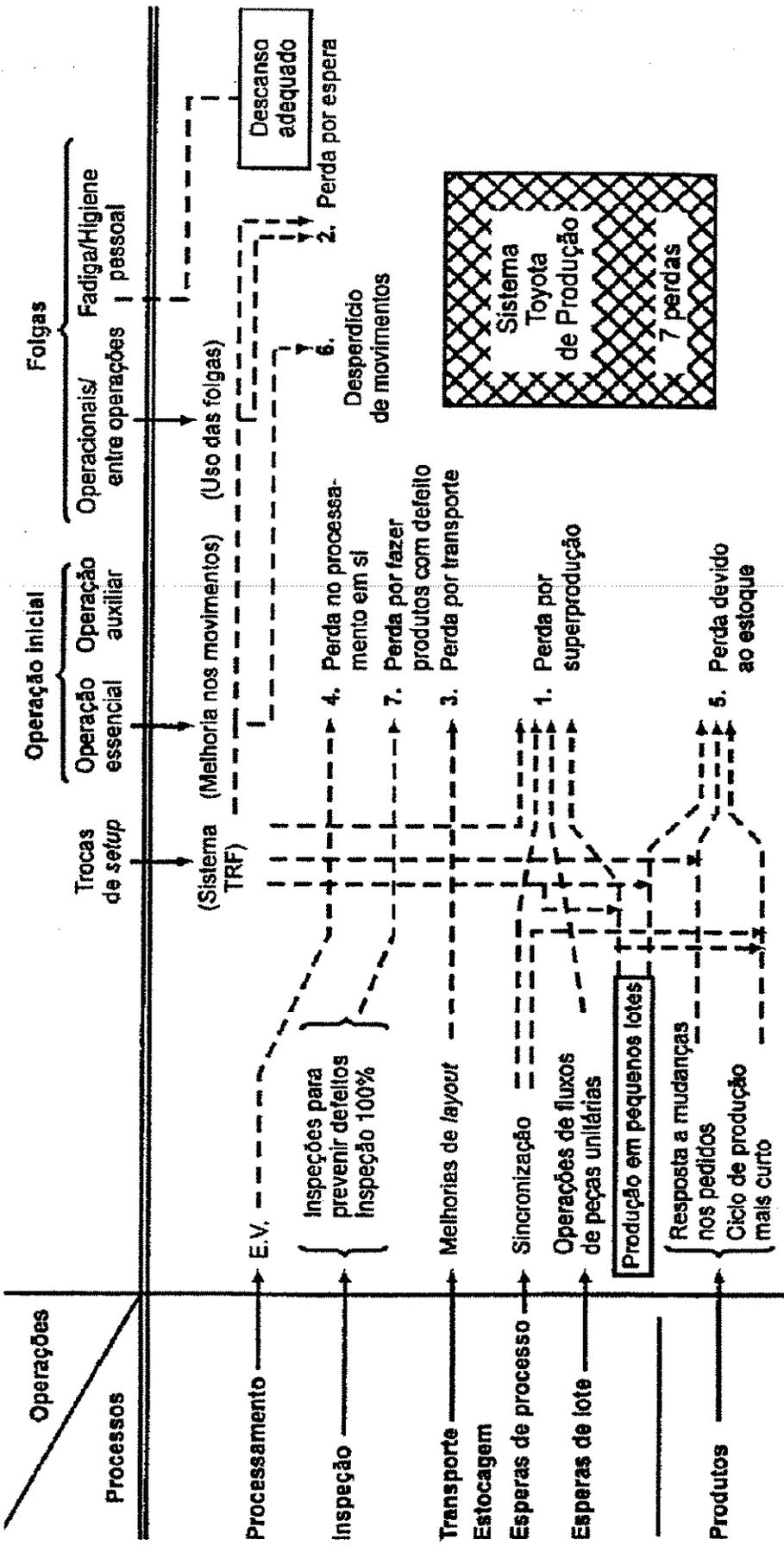


Figura 2.2: O Sistema Toyota de Produção e os sete tipos de perdas
 Fonte: Adaptado de O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia da Produção – Shigeo Shingo (1996)

O objetivo do Just-in-time, que é um dos pilares da Manufatura Enxuta, ou ainda do Sistema Toyota de Produção, não é só eliminar desperdícios, mas também eliminar as operações que não agregam valor.

Segundo Womack e Jones (1996), as atividades em uma fábrica podem ser divididas em três categorias: as que agregam valor, as que não agregam valor e aquelas que não agregam valor mas são necessárias, como, por exemplo, atividades de movimentação de materiais.

O Just-in-time encoraja a administração a resolver os problemas ao invés de encobri-los com estoques em excesso, estoques segurança e longos lead times, seja reduzindo tamanhos dos lotes, o tempo de preparação, eliminando refugos, ou ainda o conjunto de todas as três atividades.

Segundo Monden (1998), o processo para eliminação dos desperdícios descritos, de tal forma a se obter redução de custo, pode ser observado na figura 2.3; onde vê-se de forma clara, o caminho a ser percorrido para a redução do custo de um produto segundo o autor.

Se escolhida a rota indesejada, muito provavelmente aos supérfluos de custos serão adicionados os aumentos de juros, levando a um aumento do custo do produto final.

Será que é fácil especificar o valor dos produtos corretamente ?

2.4 – O pensamento enxuto

Segundo Womack e Jones (1996), a dificuldade em definir corretamente valor é decorrente, em parte, do fato da maioria dos produtores quererem fabricar o que já estão produzindo; e em parte, do fato de que muitos consumidores só sabem pedir alguma variação do que já conhecem.

Assim, quando produtores ou consumidores decidem-se a repensar o valor, recaem nas receitas tradicionais - custo menor, aumento na diversificação de produtos via automatização,

entrega instantânea - em vez de fazerem conjuntamente uma análise do valor e um desafio às definições tradicionais para ver apenas o que realmente é necessário fazer, de acordo com Campos (2000).

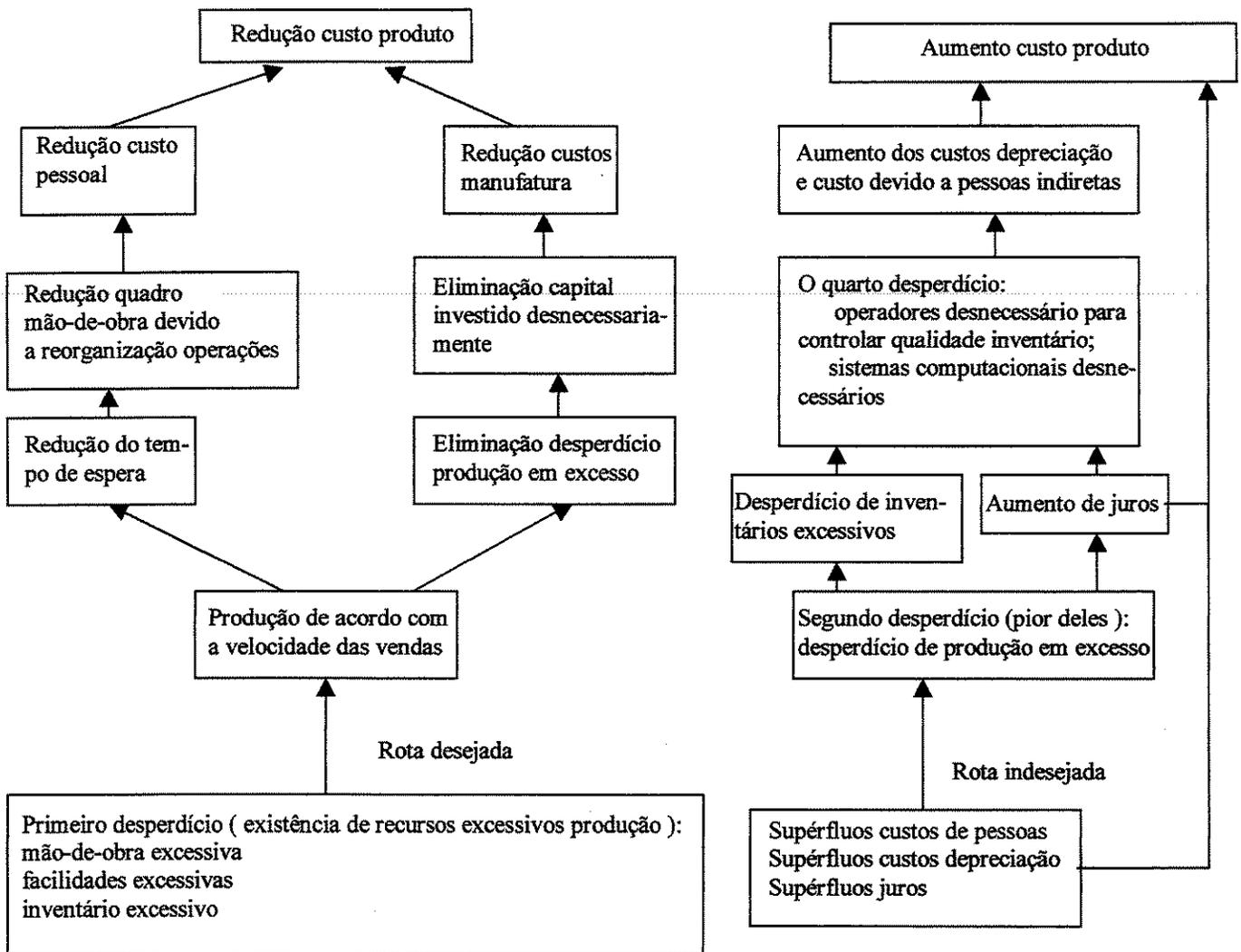


Figura 2.3: Os sete desperdícios e o caminho para redução de custos

Fonte: Toyota Production System – An Integrated Approach to JIT – Monden (1998)

Ainda segundo Womack e Jones (1996), outro motivo pelo qual as empresas têm dificuldade de definir o valor certo é que, embora a criação do valor frequentemente flua através

de muitas empresas, cada uma tende a definir valor da forma mais adequada às próprias necessidades. Quando essas diferentes definições se juntam, verifica-se que elas simplesmente não se somam.

Segundo Ohno (1997), a meta a buscar é que nada deverá ser feito na produção que não adicione valor ao produto diretamente associado com a transformação de material a sua forma desejada.

De acordo com Womack e Jones (1996), o ponto de partida para o pensamento enxuto é o valor. E além disso, esse valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é significativo quando expresso em termos de um produto específico que atenda as necessidades específicas do cliente, a um preço específico, em um momento específico.

Ainda de acordo com os mesmos autores, o segundo passo é identificar a cadeia de valor, que é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a *tarefa de solução de problemas*, que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia; a *tarefa de gerenciamento da informação*, que vai do recebimento do pedido até a entrega do produto, seguindo um detalhado cronograma; e a *tarefa de transformação física*, que vai do recebimento da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

A identificação de toda a cadeia de valor para cada produto de uma empresa qualquer é um passo que a maioria das empresas raramente tentaram dar, mas que expõem, quase sempre e com clareza, os pontos de desperdício.

O terceiro passo é fazer com que o valor flua pela cadeia produtiva com maior rapidez. Um conceito essencial nessa etapa é a definição do tempo takt ou “takt time”, que sincroniza e define a velocidade, ou ritmo, da produção, de forma a se andar na velocidade de venda desejada pelo cliente.

O quarto passo, produção puxada, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente deste processo faça uma solicitação. Em outras palavras é ter condições de projetar, programar e produzir exatamente o que o cliente quer. A produção deixa de fluir por uma previsão de vendas e passa a ser requisitada pela demanda real do cliente.

Segundo Monden (1998), o Kanban é uma forma de informar todos os processos da cadeia produtiva sobre as necessidades de produção (quantidades e tempos) e assim, puxar cada processo de acordo com a demanda real do cliente. Em outras palavras, ainda segundo Monden, é uma ferramenta para se atingir o Just-in-time.

À medida que as empresas especificarem valor com exatidão, identificarem a cadeia de valor como um todo, fizerem os passos para o valor fluir continuamente e deixarem que seus clientes puxem o valor da empresa; os desperdícios serão reduzidos e o cliente será muito melhor atendido.

O último passo é a perfeição. Decorre do fato de que os outros quatro interagem entre si, de modo que o processo nunca tenha fim.

A transparência é o fator maior que conduz à perfeição; é ela que permite que todos ao longo da cadeia produtiva (fornecedores, distribuidores, clientes, funcionários), possam ver tudo o que está ocorrendo; e assim, se torna mais fácil descobrir meios de se criar valor, tendo-se em mente sempre que o valor deve ser dado pela voz do cliente.

Segundo Womack e Jones (1996), os conhecedores da mentalidade enxuta que fizerem benchmarking terão a tendência a relaxar ao se compararem com seus concorrentes, por exemplo. Para eles, as empresas enxutas devem esquecer seus concorrentes e buscar a perfeição, identificando todas as atividades que constituem muda e eliminando-as.

Ainda segundo os mesmos autores, a empresa enxuta especifica corretamente o valor para o cliente; identifica todas as ações necessárias para levar o produto do conceito ao lançamento, do pedido à entrega, da matéria prima às mãos do cliente; remove todas as ações que não adicionam

valor e faz aquelas que criam valor transcorrerem em fluxo contínuo enquanto puxadas pelo cliente; finalmente, analisa os resultados e recomeça o processo de avaliação.

Contudo, segundo Monden (1998) e Black (1998), embora a redução de custos seja a meta mais importante do Sistema Toyota de Produção, ele tem que alcançar três outras submetas para garantir o seu objetivo original.

Essas submetas são:

- Controle de produção, que envolve a capacidade do sistema em adaptar-se às flutuações diárias e mensais da demanda em termos de quantidade e variedade;
- Qualidade assegurada, o que garante que cada processo será suprido somente com itens bons para os processos subseqüentes;
- Respeito à condição humana, pois o sistema utiliza o recurso humano para atingir seus objetivos de custos.

Monden (1998) propõe implementar cada um dos elementos para que este tenha característica do Sistema Toyota de Produção.

- aplicação Kanban no sistema produtivo;
- nivelamento da produção;
- eliminação de desperdício;
- padronização de operações;
- melhoria contínua;
- uso lay-out celular e operador multifuncional;
- controle de qualidade.

Por outro lado, Black (1998) propõe essa implementação em dez etapas, sendo elas:

- formar células de manufatura e de montagem;
- implementar um sistema de troca rápida de ferramenta;
- integrar o controle de qualidade implementando o controle da qualidade total;
- integrar a manutenção preventiva / confiabilidade dos equipamentos;
- nivelar e balancear a montagem final;
- integrar o controle de produção - conectar as células via Kanban;
- integrar o controle de estoques – reduzir os estoques em processo;
- estender os passos anteriores aos fornecedores;
- automatizar e robotizar para resolver problemas;
- informatizar para unir o Sistema de Manufatura com células interligadas com o sistema produtivo.

Ohno operacionalizou o Just-in-time na Toyota através de cartões Kanban. A idéia de Ohno era converter o grande grupo de fornecedores e fábricas de componentes em um único sistema, comparável a Highland Park de Henry Ford.

Os sistemas Kanban têm uma função dupla. Se, por um lado, fixam o número de kanbans para regular o fluxo e conservar o estoque no mínimo; por outro lado, provem um controle visual para executar essa função com precisão.

Black (1998) afirma que a produção empurrada se baseia nos sistemas MRP (Materials Requirement Planning), feitos com o auxílio de computadores. Um sistema desses, na década de 90, chegou a custar, se fosse integrado, milhões de dólares e não estava, portanto, ao alcance das pequenas empresas naquela época.

Por outro lado, o sistema Kanban é essencialmente manual. Foi desenvolvido assim pois a língua japonesa, à base de ideogramas, não se presta bem para a informação. Para superar essa dificuldade, o Kanban é o mais possível visual, de fácil compreensão e pode ser operado por qualquer operador não necessitando de mão-de-obra especializada como no caso do MRP.

Black, Shingo e Monden são unânimes ao afirmar que algumas regras devem ser cumpridas para que o Sistema Kanban funcione. Entre eles existem, contudo, algumas divergências quanto ao número de regras.

Porém ao se fazer uma análise das regras propostas por esses autores, pode se observar que no fundo elas atingem o mesmo propósito. No decorrer deste trabalho, essas regras serão exploradas com maiores detalhes e então será possível analisá-las com maior profundidade. Segundo Black (1998), essas regras podem ser divididas em seis pontos.

Regra 1: O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto.

Regra 2: O processo anterior deve produzir materiais para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este.

Regra 3: Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.

Regra 4: O número de Kanbans deve ser minimizado.

Regra 5: Se não há um cartão Kanban, então não deverá ocorrer produção e nem movimentação de produtos.

Regra 6: O Kanban deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

2.5 - Considerações finais

Como apresentado no decorrer deste trabalho, o Sistema Toyota de Produção, ou ainda Manufatura Enxuta, consiste em um conjunto de práticas e ferramentas que objetivam a obtenção de um sistema produtivo mais eficiente, seja através de respostas mais rápidas desse sistema aos pedidos dos clientes, seja por produtos com alta qualidade, seja por baixos custos de produção, seja por flexibilidade de volume e mix, ou seja, ainda por todo esse conjunto de fatores.

Foi apontado também que o objetivo do Just-in-time como um dos pilares do Sistema Toyota de Produção não é só eliminar desperdícios, mas também eliminar as operações que não agregam valor; e uma das formas de se ter uma produção puxada é utilizar-se do Kanban, introduzido na Toyota por Ohno.

No próximo capítulo serão apresentados os principais elementos que compõem a dinâmica de um sistema Kanban, o nivelamento da produção e o seu significado, além do modo como eles estão relacionados.

Capítulo 3

Produção Puxada e o Nivelamento da Produção

O presente capítulo apresenta os dois mais importantes elementos do Just-in-time: a produção puxada e o nivelamento da produção. Primeiro, discute-se a produção empurrada e qual a porcentagem de valor agregado ao produto que ela propicia.

A seguir, explicam-se os princípios da produção puxada e o funcionamento da maneira mais popularmente conhecida de se puxar a produção, o Sistema Kanban. Além disso, faz-se uma análise dos seus tipos, de suas regras e de sua dinâmica de funcionamento.

Por fim, discute-se o nivelamento da produção, os requisitos necessários para que ele ocorra, e a forma como ele interage com o Sistema Kanban.

3.1 - Produção Empurrada e Produção Puxada

Ao se analisarem as indústrias nacionais e as estrangeiras, pode-se observar que os processos de manufatura que perduram nessas empresas para transformar matérias-primas em produtos finais, que os clientes estejam dispostos a comprar, envolvem muitas etapas; por isso, é necessário haver um sincronismo entre elas.

Os componentes produzidos em determinados estágios do processo devem chegar aos processos seguintes, denominados clientes, no momento certo e na quantidade correta para que toda a cadeia de manufatura possa fluir corretamente.

Podem-se classificar os processos de produção que contenham vários estágios ou etapas de produção basicamente em dois tipos: os sistemas de empurrar baseados no MRP e os sistemas de puxar a produção, os quais podem ser baseados no Kanban.

3.1.1 - Produção Empurrada – MRP

Segundo Moreira (1993), o MRP, termo para Materials Requirement Planning, ou ainda Planejamento das Necessidades de Material, é uma técnica para converter a previsão de consumo de um item de demanda independente em uma programação das necessidades das partes componentes dos itens de demanda dependente.

Entende-se por demanda independente aquela que depende diretamente das forças do mercado; e por demanda dependente, a que ocorre quando um item tem sua demanda dependente da de outro item, de acordo com Tardin (2001).

Para que um sistema baseado no MRP opere, são necessários três requisitos básicos: a Lista de Materiais, os Relatórios de Controle de Estoque e o Plano Mestre de Produção.

A Lista de Materiais fornece a composição de cada produto, ou seja, quais itens são necessários para montar algum produto específico. Essa lista mostra a relação hierárquica entre um produto e seus componentes por se tratar de uma lista estruturada de todos os componentes do produto.

Os Relatórios de Controle de Estoque são documentos que informam quais quantidades de um produto final ou de componentes estão disponíveis no estoque. Esses relatórios são

fundamentais para o bom funcionamento do sistema, pois é baseado neles que são geradas as necessidades de produção de cada estágio, segundo Moreira (1993).

Por fim, o Plano Mestre de Produção estabelece quais produtos devem ser feitos, em quais quantidades e em quais datas. Esses planos são, na verdade, a composição entre a carteira de pedidos dos clientes, demandas de centros de distribuição, previsão de vendas, necessidade de eventuais estoques de segurança, etc. Esses planos podem ser gerados em um horizonte que varia de algumas semanas a até mesmo um ano, de acordo com Tardin (2001).

Ainda segundo Moreira (1993), a dinâmica de processamento do MRP parte da quantidade desejada de um produto final numa data especificada, informações essas que vêm do Plano Mestre de Produção. Com esses dados em mãos, faz-se a explosão do produto nas necessidades dos componentes, com a devida defasagem de tempo. É preciso saber quanto tempo cada etapa leva para montar os subconjuntos e conjuntos para se chegar ao produto final.

Em um sistema de empurrar a produção, as áreas de planejamento das fábricas recebem uma carteira de pedidos baseada nos Planos Mestre de Produção e nos Relatórios de Estoque; e em seguida, os funcionários desses departamentos alimentam os sistemas computacionais, ou manualmente em fábricas menores, os quais transformarão esses dados em programações para cada estágio do processo produtivo baseado nos Relatórios de Estoque.

Cada um dos estágios do processo recebe a informação dos tamanhos dos lotes e qual a seqüência em que deve ser produzida.

Se problemas ocorrerem em algum estágio do processo produtivo, ou ocorrerem alterações na carteira de pedidos dos clientes, a seqüência deve ser rodada novamente e alterada para todos os estágios de produção, o que não é muito simples de ser feito e demanda muito tempo.

Nas empresas que adotam a produção empurrada é comum encontrarem-se elevados níveis de estoque tanto de produtos acabados quanto de material em processo, caracterizando-se

os desperdícios de estoque excessivo, movimentação desnecessária e espera descritos no decorrer deste trabalho.

Esses desperdícios devem-se em parte ao fato da programação de produção ser feita baseada nos tempos de processo e nas informações de demanda previstas; mas devem-se também ao fato do tamanho de lote, no MRP, ser pré - determinado pela central de planejamento, usando a metodologia do lote econômico.

As programações dos sistemas MRP incorporam prioridades baseadas em regras do tipo “o pedido mais rápido deve ser entregue antes”, sem atentar-se à seqüência pedida pelo cliente. Além disso, são necessárias intervenções constantes dos gerentes de manufatura na seqüência de produção dos estágios dos processos. Essas alterações se fazem necessárias, pois os gerentes de manufatura recebem informações antecipadas das alterações das demandas, enquanto essas alterações ainda estão sendo alimentadas no sistema pelo pessoal das áreas de planejamento, para então serem liberadas para cada estágio do processo, o que contribui para completar o caos total no ambiente de manufatura.

Ao se juntarem todos os fatores relacionados acima, facilmente encontrados em empresas que adotam a programação empurrada, é comum que elas acumulem vários pedidos esperando em uma mesma etapa do processo. Tal situação é resultado de uma série de fatores, como mudanças nos pedidos, atrasos de material, quantidades programadas erradas, máquinas quebradas e outros eventos inesperados, que tornam as programações de produção obsoletas tão logo elas sejam criadas.

Certamente a principal desvantagem do MRP está na pouca flexibilidade de mudança nos planos de produção, sem extensas alterações no que já foi programado. A segunda desvantagem consiste na dificuldade de se localizar onde está um determinado item no processo, especialmente em empresas cujos produtos sejam compostos por um grande número de itens.

Na figura 3.1, podem-se observar o fluxo de material e o fluxo de informações que caracterizam esse sistema de produção.

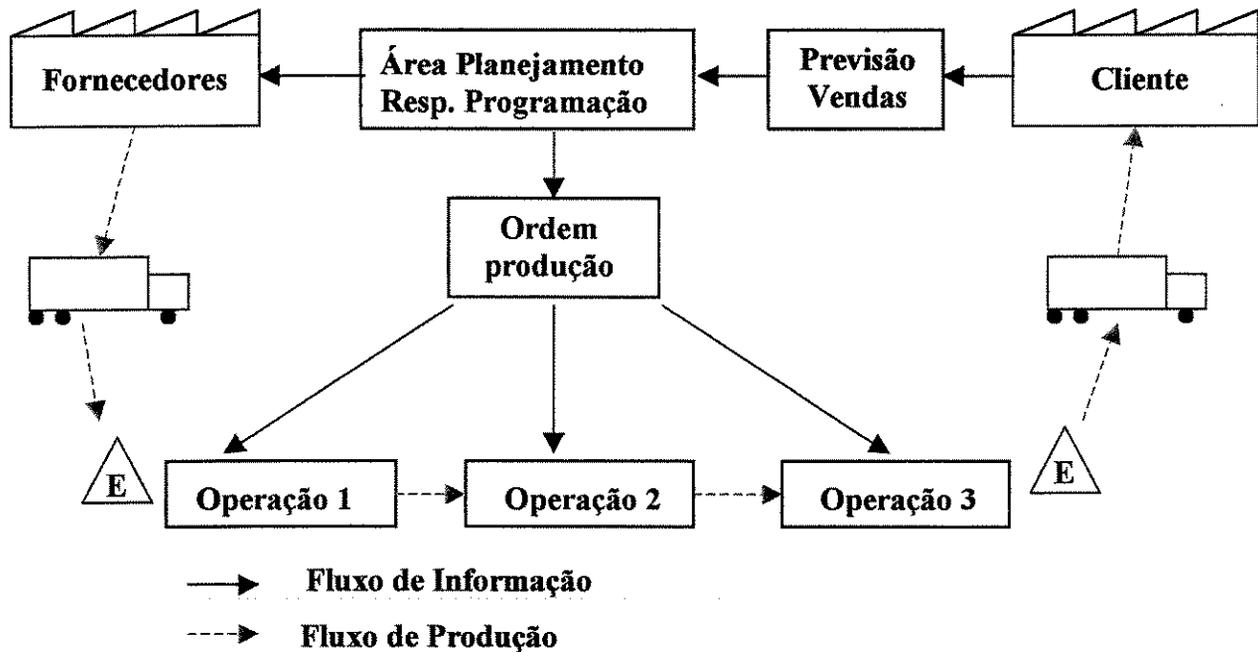


Figura 3.1: Fluxo de Material e de Informações – Produção Empurrada

Ao se analisar o diagrama da figura 3.1, segundo Rotter (1999) pode-se enxergar agora o padrão básico de todos os mapas de fluxo de valor, especificamente um fluxo de produto físico da esquerda para a direita na parte inferior do mapa, representado pela seta tracejada; e um fluxo de informação deste produto da direita para a esquerda, na parte superior.

3.1.2 - Produção Puxada

O sistema de puxar elimina a necessidade de se programar todas os estágios da produção por onde passará um pedido. Decisões do que fazer e quando fazer são tomadas pelos operadores, usando um sistema simples de sinalização que conecta as operações através do processo. (Fujiwara et al.,1998)

Ao se eliminar a necessidade de programar todos os estágios do processo, exclui-se a necessidade de um programador e transfere-se a responsabilidade da programação dos estágios do processo para os operadores envolvidos em cada uma dessas etapas.

O sistema de puxar exige que se tenha um pequeno estoque balanceado de produto na última etapa de um processo produtivo. Esse estoque também é conhecido como “supermercado”, pois desempenha exatamente a mesma função que os supermercados tradicionais; ou seja, o cliente “compra” o produto que deseja da mesma forma que qualquer pessoa compra leite em uma prateleira de supermercado, por exemplo. Ao fazer isso, nosso cliente informa ao processo imediatamente anterior que aquele produto vendido deve ser repostado e essa é a ordem de produção para esse processo.

Para que um novo produto seja produzido nesse estágio do processo, o pessoal da produção busca no “supermercado” de peças do processo anterior, as peças que eles precisam para produzir aquilo que foi consumido, e assim sucessivamente.

Segundo Shingo (1996), peças são produzidas com a única intenção de substituir peças utilizadas em produtos já vendidos e não em produtos que poderiam ser vendidos.

Na figura 3.2, pode-se observar o fluxo de material e o fluxo de informações que caracterizam esse sistema de produção.

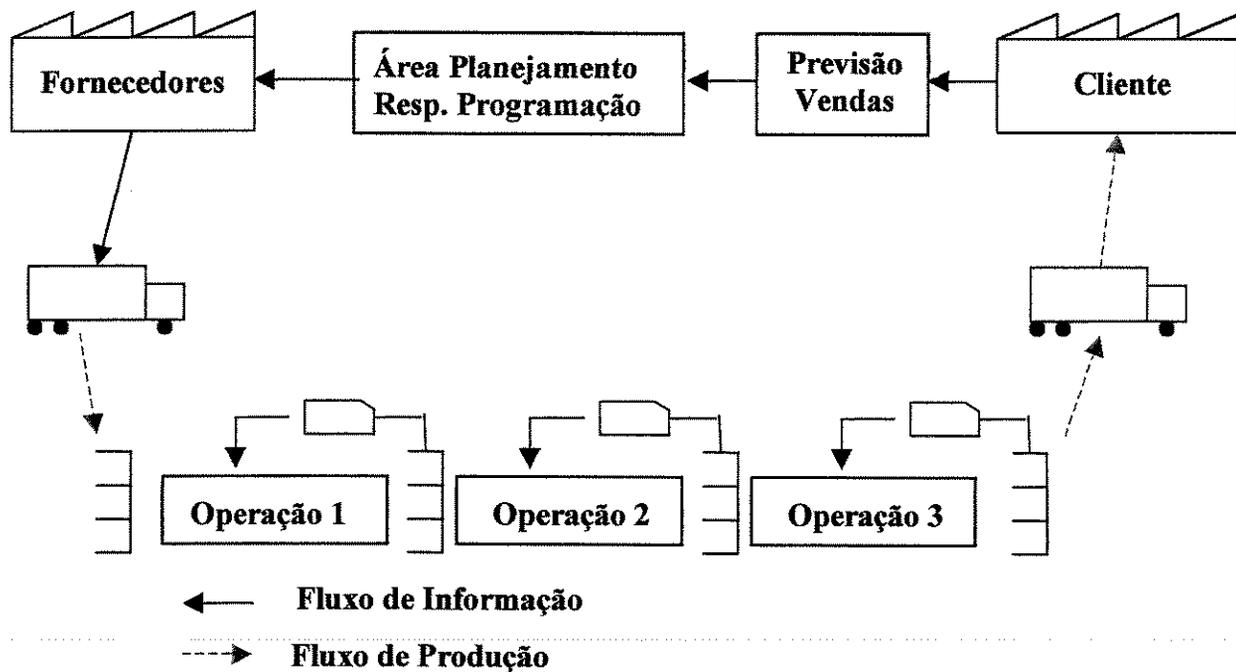


Figura 3.2: Fluxo de Material e de Informações – Produção Puxada

Ao se analisar o diagrama da figura 3.2, fica claro que o fluxo de material flui na direção oposta ao fluxo de informações, caracterizando a produção puxada; e ao se levar em consideração a relação entre o tempo gasto para o produto ser realmente produzido (atividades que agregam valor) e o tempo que o produto leva para percorrer todos os estágios do processo (traduzido aqui na forma de inventário balanceado), ficará evidente, com certeza, uma porcentagem mais alta de valor agregado ao produto quando comparada àquela resultante do sistema produção empurrada.

Durante os últimos anos, diversos autores têm pesquisado sobre qual seria a melhor política para o controle do ambiente de chão-de-fábrica. Há autores que defendem a produção empurrada contra a produção puxada, outros discutem a melhor forma de puxar a produção; um terceiro grupo, por outro lado, propõe combinações entre a produção empurrada e a puxada.

Existem algumas maneiras de se puxar a produção segundo Tardin (2001). Uma delas é chamada de CONWIP (Constant Work in Process – Estoque em Processo Constante). Esse método pode ser visto como um sistema de empurrar a produção com um número limitado de peças em processo, sendo que essa limitação pode ser feita com um número fixo de cartões ou

embalagens. O CONWIP difere do sistema Kanban tradicional porque, no primeiro, a informação da quantidade e a hora certa de se produzir não estão no mesmo cartão.

No CONWIP têm-se condições de saber quantas embalagens foram consumidas e devem ser repostas, porém o que será produzido é determinado a partir de uma programação (produção empurrada).

A mais antiga e a mais conhecida maneira de se puxar a produção é o Kanban. Resumidamente, é um sistema visual de informações criado e operacionalizado por Ohno na Toyota, o qual tem o objetivo de controlar toda a produção, limitando a quantidade de estoque em processo através de um número determinado de cartões. Esse tema será discutido com maiores detalhes mais adiante, portanto não se entende ser necessário entrar em maiores detalhes neste momento.

O sistema Kanban surgiu entre as décadas de 1950 e 1960, e com o passar dos tempos outros pesquisadores estudaram o assunto e algumas variações desse sistema surgiram.

FKS – Flexible Kanban System (Sistema Kanban Flexível): Nesse sistema, a quantidade de kanbans de produção pode variar com a finalidade de compensar eventuais perdas de produção que possam ter ocorrido em consequência de interrupções quaisquer do processo. (Gupta e Al-Turky 1998)

GKS e EKCS – Generalized Kanban System (Sistema Kanban Generalizado) e Extended Kanban Control System (Sistema Kanban Controle Amplo): Nessas duas variações do sistema Kanban tradicional, a quantidade de peças ao final de um estágio do processo e o número de cartões podem ser diferentes. (Tardin 2001)

Assim, acreditam os autores que estudam esses sistemas, os ambientes de produção terão capacidade de manter os níveis de estoque mais baixos do que no Kanban tradicional, apesar

dessas aplicações apresentarem um nível de dificuldade maior para a implementação, assim como não são facilmente entendidas.

3.2 - Sistema Kanban

Segundo Monden (1998), o sistema Kanban é um meio de informação que controla harmoniosamente a fabricação de produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo necessário em todo o processo produtivo de uma fábrica e também entre empresas.

Ainda, segundo Black (1998), o sistema Kanban associa precisamente as necessidades de componentes com a programação dos produtos acabados.

O Kanban na Toyota, é conhecido como um de seus sub-sistemas, embora no passado muitas pessoas erroneamente chamassem o Kanban de Sistema Toyota de Produção. Monden (1998) afirma que o Sistema Toyota de Produção é um sistema de manufatura enquanto o Kanban é o método utilizado para gerenciar esse sistema de manufatura.

Shingo (1996) reforça essa afirmação ao decompor o Sistema Toyota de Produção em três componentes, sendo 80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e apenas 5% o Kanban.

Os sistemas Kanban têm uma função dupla. Se por um lado fixam o número de Kanbans para regular o fluxo e conservar o estoque no mínimo, por outro lado, provêem um controle visual para executar essa função com precisão, como observado no decorrer deste trabalho.

Black (1998) descreve o sistema Kanban como um sistema essencialmente manual, o qual significa “registro visual”, mais comumente significa cartão. Esse sistema foi desenvolvido dessa forma pois a língua japonesa, à base de ideogramas, não se presta bem para a informação; por outro lado, sua forma visual permite que qualquer operador possa operá-lo, não necessitando de mão-de-obra especializada para tanto.

É preciso cuidado na introdução de um sistema Kanban em um processo de produção, pois esse processo pode resultar em demoras substanciais, esperas e outras perdas se não forem executadas melhorias reais no sistema de produção.

Segundo Shingo (1996), os sistemas Kanban não são senão um meio para atingir um fim. Em outras palavras, o Kanban é apenas uma ferramenta para operar o sistema de produção. A real essência está na melhoria continuada e total dos sistemas de produção.

Ainda segundo Shingo (1989), os administradores e ou os engenheiros não podem se enganar achando que a Toyota Motor Company é apenas uma empresa utilizando uma roupagem interessante – o Kanban. Se eles “comprarem” apenas a bandeira de um sistema Kanban, em breve se descobrirá que ele não servirá em um sistema de manufatura gordo e obeso, e o caos logo se instalará.

O sistema Kanban requer uma produção nivelada para que as retiradas de peças pelo último estágio do processo produtivo sejam balanceadas. Segundo Monden (1998), esse balanceamento irá requerer a redução do lead time produção, o qual só poderá ser atingido com lotes pequenos de produção, que, por sua vez, são possíveis pela redução dos tempos de setup.

Ainda, conforme esse autor, se o sistema de manufatura não buscar melhorias contínuas, todo o esforço de introdução do Kanban pode ser em vão.

3.2.1 - Tipos de Kanban

Embora existam vários tipos de Kanban, dois deles são os principais e serão descritos a seguir.

- Kanban de retirada
- Kanban de produção

O Kanban de retirada, segundo Monden (1998), especifica o tipo e a quantidade de um certo item que um processo deve retirar de um determinado processo anterior.

Esse tipo de Kanban, geralmente, liga duas células ou processos e impede que um processo retire uma quantidade maior do que precisa de seu processo anterior; o que poderia resultar em excesso de material na área que está fazendo a retirada.

Por outro lado, o Kanban de produção, segundo Monden (1998), especifica o tipo e a quantidade de um certo item que o processo anterior deve produzir para repor a quantidade de material retirada. Podemos observar a dinâmica do sistema Kanban na figura 3.3.

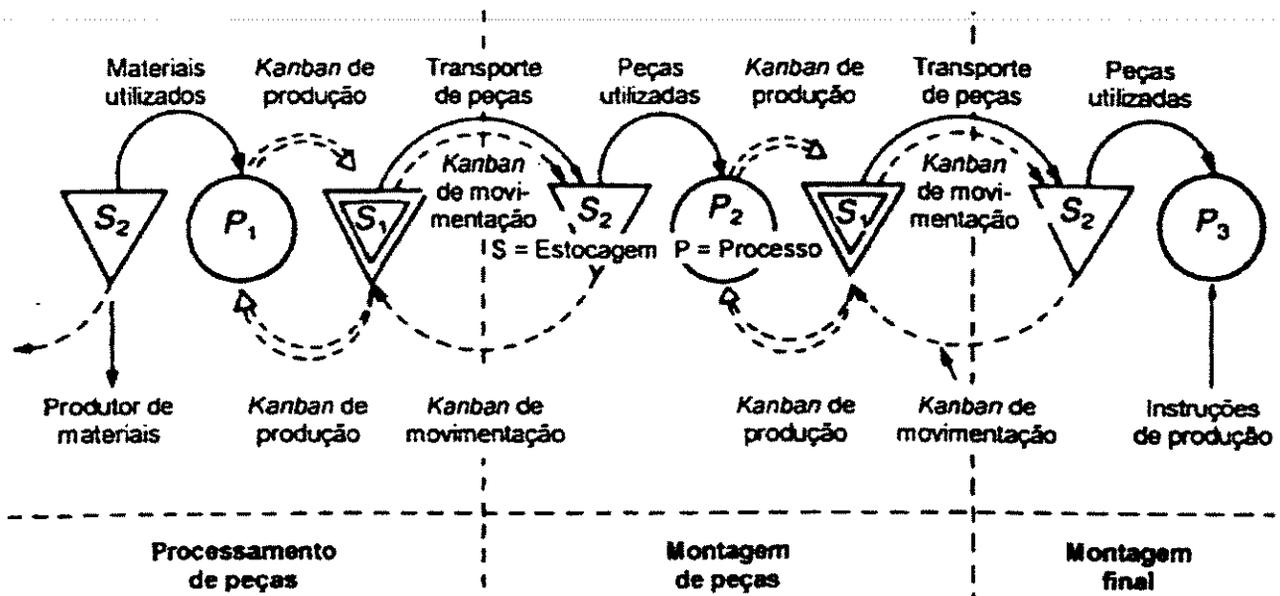


Figura 3.3: Dinâmica do Sistema Kanban

Fonte: O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção – Shigeo Shingo (1996)

Existe uma variação do Kanban de produção para um processo de manufatura que produza em lotes. Nesse caso, ao invés de termos um cartão por embalagem, pode-se utilizar um cartão de requisição de material e um cartão para disparo do sistema. A figura 3.4, ilustra esses

dois tipos de cartões Kanban, que são conhecidos como Kanban de sinal e representam, na verdade, o ponto de reposição do material consumido.

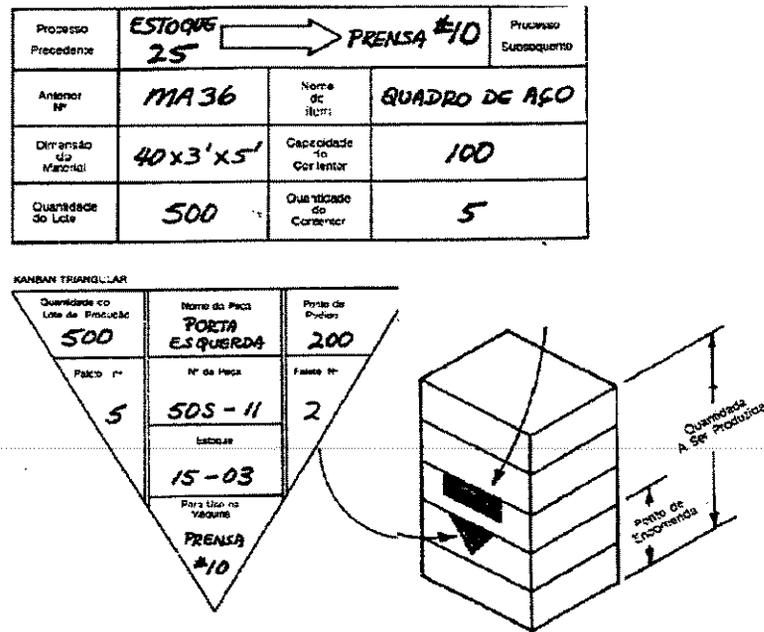


Figura 3.4: Cartões Kanban de Requisição de Material e de Disparo

Fonte: Toyota Production System – An Integrated Approach to JIT – Monden (1998)

As caixas de produtos vão sendo consumidas, e ao se “comprar” a caixa com o cartão Kanban de requisição de material (retangular), esse cartão deve ser enviado ao processo que fornece matéria-prima, para que a mesma seja providenciada e esteja disponível para o processo anterior ao que está sofrendo retirada de material, assim que o cartão de disparo for atingido (triangular).

No exemplo da figura 3.4, ao se retirar mais uma caixa de produto, o cartão de disparo será visto e este dará a ordem de produção ao processo anterior; o qual deverá utilizar o material pedido pelo cartão Kanban de requisição de material e produzir a quantidade exata especificada no cartão de disparo.

3.2.2 - Dinâmica do Sistema Kanban

Um Ambiente de manufatura pode operar com um sistema Kanban de apenas um cartão ou em um sistema com dois cartões. As vantagens e desvantagens de cada um desses sistemas serão descritas a seguir.

O sistema Kanban com um cartão recebe esse nome por operar com somente um cartão Kanban de movimentação, segundo Monden (1998).

Esse sistema apresenta somente um supermercado entre o processo fornecedor e o cliente do mesmo, sendo que esse supermercado fica fisicamente junto ao cliente. Conforme os produtos são consumidos, os cartões são colocados em uma caixa ou ponto de coleta, e após um período de tempo previamente definido são levados ao processo fornecedor, autorizando esse último a produzir aquilo que foi consumido.

Segundo Black (1998), o sistema Kanban de um cartão tem sido igualado ao velho sistema de duas gavetas, no qual as peças são requisitadas sempre que o fornecimento ficar tão baixo que o último contentor tenha que ser aberto ou que o segundo contentor seja utilizado.

Por outro lado, o sistema Kanban com dois cartões recebe esse nome por trabalhar com os Kanbans de retirada e de produção. A programação (ou os pedidos dos clientes) é colocada apenas no último estágio de processo produtivo; a partir desse ponto, as peças são puxadas através do sistema do fim da linha para o começo.

De acordo com Black (1998), a beleza desse sistema é que ele é simples e visual, e os usuários entendem como ele funciona. Por isso, os usuários confiam no sistema.

O sistema de cartão único é mais simples de ser implementado, por isso é comum encontrar nas indústrias situações em que o sistema Kanban é implementado com um cartão e depois evolui para o sistema de dois cartões quase que naturalmente.

3.2.3 - Regras do Kanban

Segundo Black (1998), para que o sistema Kanban possa ser operacionalizado dentro do contexto do Just-in-time, algumas regras devem ser seguidas. Para que cada uma dessas regras funcione perfeitamente, algumas pequenas sub-regras, que serão descritas junto às regras principais, devem estar claras e ser seguidas.

Regra 1: *O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto.*

Para que essa regra funcione, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja realizada através de um cartão Kanban. A quantidade de material retirada deve ser sempre igual àquela pedida no cartão Kanban, nunca superior ou inferior.

Regra 2: *O processo anterior deve manufaturar produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este.*

Essa regra complementa a anterior e evita o desperdício da superprodução ao proibir que sejam produzidas quantidades de produtos superiores àquelas pedidas nos cartões Kanban. Além disso, se o processo anterior possuir diversos cartões Kanban de produção, o qual deve seguir a ordem de chegada dos cartões ou a sinalização de cores empregada nos quadros Kanban.

Regra 3: *Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.*

Se essa regra não for seguida, o sistema Kanban se auto-destruirá. O estágio seguinte do processo produtivo precisa ter certeza que os produtos por ele recebidos estejam em perfeitas condições, pois, caso contrário, os produtos serão devolvidos ao estágio anterior e o estágio seguinte terá que esperar até ter produtos em condições de dar seqüência ao processo produtivo.

Regra 4: *O número de Kanbans deve ser minimizado.*

Um vez que o número de cartões Kanban expressa o inventário máximo de cada produto, ele deve ser mantido no menor número possível. A Toyota reconhece que o nível de inventário aumenta em decorrência de qualquer um dos desperdícios analisados no capítulo anterior.

Por essa razão, na Toyota, é responsabilidade do supervisor de cada estágio do processo produtivo alterar a quantidade de cartões Kanban, segundo Monden (1998).

Regra 5: *Se não há um cartão Kanban, então não deverá ocorrer produção ou movimentação de produtos.*

Assim como a regra 3, o não cumprimento da regra 5 fará com que o sistema Kanban se auto-destrua, uma vez que esse sistema previne a superprodução; portanto qualquer item produzido sem um pedido visual - cartão Kanban – será basicamente superprodução. Segundo Shingo (1996), os cartões Kanban são etiquetas de identificação atestando a necessidade de peças.

Assim sendo, os cartões Kanban devem sempre acompanhar as peças ou produtos.

Black (1998) entende isso como uma premissa da regra 5; por outro lado, Monden (1998) acredita que esse acompanhamento seja uma premissa da regra 1.

Shingo (1996), no entanto, defende que uma regra específica para esse assunto deva ser criada dada a sua importância ao evitar a superprodução, um dos grandes desperdícios do Sistema Toyota de Produção.

Regra 6: *O Kanban deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.*

Segundo Monden (1998), o sistema Kanban consegue suportar pequenas variações de demanda, se elas forem da ordem de 10%, sem que seja necessário alterar o número de cartões Kanban do sistema produtivo.

Black (1998) concorda que o sistema Kanban permite um ajuste fino para suportar pequenas variações na demanda, porém não especifica uma porcentagem que poderia ser suportada pelo sistema. Shingo (1996), por outro lado, afirma que a experiência ensina que flutuações da ordem de 10 a 20% podem ser administradas sem alterar o número de cartões Kanban em circulação.

Empresas que se utilizam do sistema Kanban não distribuem pela fábrica programas de produção detalhados; somente o último estágio do processo produtivo recebe a programação diária. Os demais estágios de produção só saberão o que produzir à medida que receberem os cartões Kanban de produção de seus processos subseqüentes.

3.2.4 - Quadros Kanban

Quando um processo fornecedor tem vários clientes consumindo diferentes produtos, por exemplo, uma célula de manufatura que abastece uma linha de montagem com diversos itens, a seqüência de produção se torna um problema complexo à medida que vários cartões Kanban de produção estejam chegando a essa célula.

Os quadros Kanban são, na verdade, quadros brancos colocados junto aos processos fornecedores, os quais recebem os cartões Kanban de produção à medida que eles vão sendo destacados de alguma embalagem consumida pelo cliente.

Esses quadros são organizados em faixas coloridas (verde, amarela e vermelha) sendo que cada produto do processo fornecedor tem sua respectiva linha de acompanhamento de produção, conforme a figura 3.5.



Figura 3.5: Disposição das Faixas em um Quadro Kanban

O objetivo dos quadros é prover os operadores de informações a respeito da situação de cada produto em estoque, o que deve ser produzido, a seqüência a ser produzida e até quando determinados produtos devem ser produzidos; permitindo que os operadores sejam capazes de decidir sozinhos sobre a produção de uma determinada célula de manufatura.

À medida que os cartões Kanban de produção chegam, os mesmos devem ser colocados no quadro da esquerda para a direita, ou seja, primeiro irão completar a faixa verde, depois a amarela, e por fim a faixa vermelha. A figura 3.6, mostra um quadro Kanban e a distribuição dos cartões por produto.

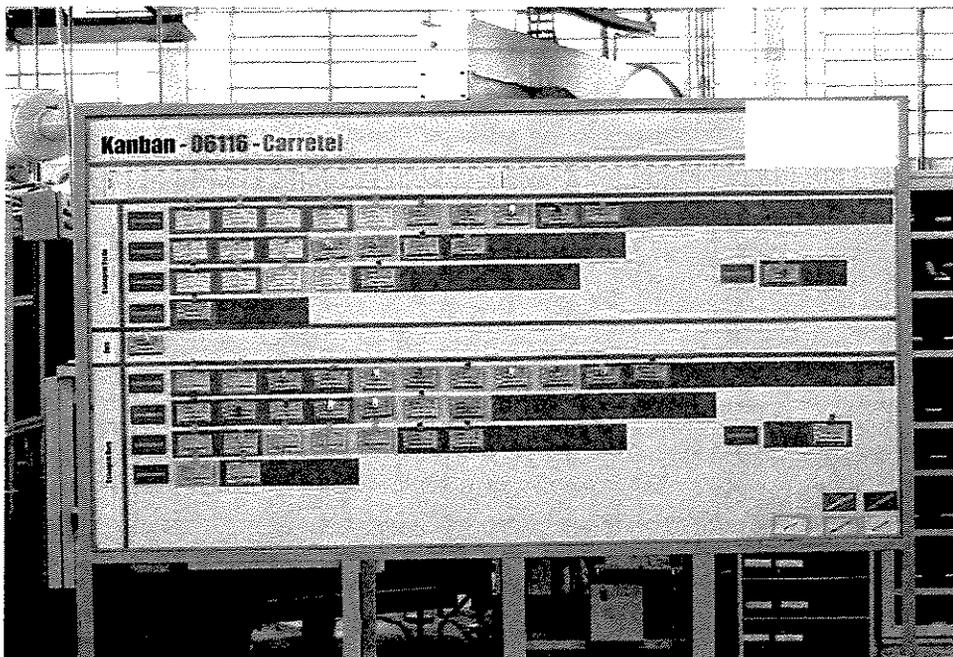


Figura 3.6: Exemplo de um Quadro Kanban

Cada uma das faixas da figura 3.5 tem um significado, os quais podem ser resumidos conforme descrito abaixo. Maiores detalhes de cada uma dessas faixas serão explanados no decorrer deste trabalho.

Faixa verde: Essa faixa corresponde ao tamanho do lote de produção, ou seja, a quantidade de um determinado produto que será fabricado após a realização de um setup; e é nessa faixa que podemos entender melhor a necessidade do nivelamento da produção.

Faixa amarela: Essa faixa representa o lead time de um determinado produto, ou seja, qual o tempo gasto para se produzir um determinado item partindo de sua matéria-prima até que ele esteja pronto para ser enviado ao cliente. Essa faixa corresponde a quantidade de peças consumida do instante em que se verifica a sua necessidade até a produção e entrega desse item no supermercado do cliente.

Faixa vermelha: é a parte relativa à segurança do processo fornecedor. Se os cartões chegarem a essa faixa, eles devem ser imediatamente produzidos; pois caso contrário a parada do processo subsequente, que pode ser uma linha de montagem, é quase inevitável e certa.

Podem-se representar graficamente essas faixas e o significado delas, conforme a figura 3.7.

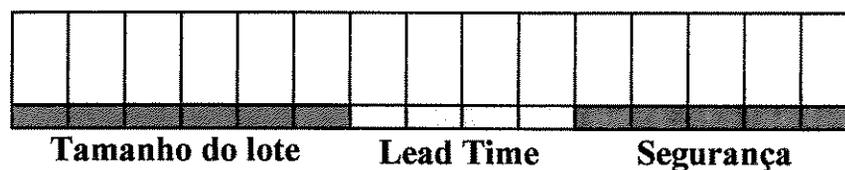


Figura 3.7: Significado de cada uma das Faixas do Quadro Kanban

Se for feita uma análise em termos de estoque, pode-se dizer que as faixas verde e amarela representam o estoque de flutuação e a faixa vermelha representa o estoque de segurança.

Diversos autores (Monden, Tardin, entre outros) pesquisaram e definiram suas respectivas maneiras de se calcular cada uma das faixas dos quadros Kanban; no entanto, esse trabalho não entrará em detalhes desses dimensionamentos.

3.5 - Nivelamento da Produção

Shingo (1996) afirma que o Sistema Toyota de Produção é a antítese da produção em grandes lotes e não da produção em massa, pois mesmo quando a quantidade total do pedido for grande, os pedidos podem ser atendidos em pequenas quantidades sem geração de estoque.

Ao se analisar a afirmação de Shingo, pode-se perceber a importância do nivelamento da produção, pois ele auxilia na remoção de picos na programação da produção diária.

De maneira simplificada, pode-se definir produção nivelada como aquela em que se produzem todos os itens de uma célula de manufatura, por exemplo, dentro de um mesmo intervalo de tempo. Quanto menor esse intervalo, que pode ser de uma hora até um mês, mais nivelada será a produção.

É importante que nesse ponto do trabalho fique claro que nivelamento não é sinônimo de balanceamento. Conforme descrito anteriormente, nivelamento está associado ao mix de produção; por outro lado, balanceamento está associado ao tempo takt ou ritmo com que o cliente consome os produtos de um fornecedor. Em outras palavras, ter um Ambiente Manufatura balanceado significa que esse sistema de produção é capaz de fornecer produtos a um cliente sempre com a mesma frequência de tempo, por exemplo, um produto a cada duas horas. E ter um Ambiente Manufatura nivelado significa que esse sistema de produção é capaz de produzir todos os itens alocados nele em um mesmo período de tempo.

Uma forma de enxergar esse nivelamento seria imaginar que uma empresa precisasse produzir 100 produtos de cada um dos itens A, B e C. Da maneira tradicional, essa empresa produziria 100 produtos A, depois 100 produtos B e, por fim, 100 produtos C. Tal seqüenciamento é conhecido como produção segmentada.

Assim, ao final de um mês, ela teria minimizado o custo com troca de ferramentas, porém estaria armazenando altos volumes de estoque, os quais podem ser traduzidos por inventário, que iriam requerer espaço físico; e seria necessário assumir o risco de ficar com o estoque cheio de

produtos acabados, caso o cliente mudasse de idéia no decorrer do mês, ou ainda perder todo esse material, caso houvessem alterações em suas especificações técnicas.

Uma vez que o cliente dessa empresa muito provavelmente necessite dos três produtos diariamente ou semanalmente, uma maneira alternativa de fazer o pedido seria produzir 5 unidades de cada item todos os dias, considerando-se o mês com 20 dias úteis. Tal seqüenciamento também é conhecido com produção mista.

Nesse caso, os níveis de estoque, o inventário, seriam bem menores, requerendo um espaço físico muito menor; e alterações do cliente, seriam absorvidas sem grandes problemas.

Segundo Shingo (1996), o nivelamento da produção é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. A produção mista é a chave para um novo conceito de balanceamento, pois ajusta capacidades excedentes e rejeita estoque.

Conforme descrito acima, o nivelamento é uma estratégia para se atingir a produção Just-in-time, além de ser visto como pré-requisito para a implantação do sistema Kanban. Aplicar este último sem antes nivelar a produção significa ter supermercados grandes demais, que certamente não trarão bons resultados.

É importante, neste ponto, deixar claro que as vantagens de nivelar a produção valem tanto para a produção empurrada quanto para a produção puxada, embora essa última seja o foco deste trabalho.

3.3.1 - Tempo Takt

A importância do nivelamento da produção pôde ser observado no decorrer deste trabalho. A Toyota Motor Company criou um conceito que é fundamental para esse nivelamento, o qual é chamado tempo Takt, ou Takt Time.

Esse conceito deixa claro o ritmo da demanda do cliente; em outras palavras, ele traduz de quanto em quanto tempo um produto deve ser fabricado para que as necessidades dos clientes sejam atendidas. Em outras palavras, o tempo takt representa o balanceamento de um Sistema de Manufatura e deve ser calculado a partir das equações 3.1 e 3.2.

$$\text{Tempo Takt} = [\text{TDP}] / [\text{QRPD}] \quad (3.1)$$

$$\text{TDP} = \text{TTD} - \sum \text{TempoParado} \quad (3.2)$$

Onde:

TTD	:	tempo total disponível / dia
QRPD	:	quantidade requerida produto / dia
TDP	:	tempo disponível produção / dia
$\sum \text{TempoParado}$:	tempo gasto para paradas programadas (almoço, café, troca de turnos,..)

Ao se produzir no ritmo da demanda do cliente evita-se o excesso de produção, que pode ser traduzido por se produzir mais rápido que o tempo takt; ou a falta de produtos, a qual pode ser traduzida por se produzir de forma mais lenta que o tempo takt estabelecido.

3.3.2 - Requisitos necessários para o nivelamento

Ao se buscar o nivelamento da produção fica clara a importância de alguns pré-requisitos.

Os tempos de preparação de equipamentos devem ser baixos para que se possam diminuir os lotes de produção e assim diminuir o tempo de resposta para o cliente.

Ao se juntar esse requisito com a produção puxada é possível atender os pedidos dos clientes com o mínimo estoque, evitando-se assim o desperdício da superprodução.

O projeto dos produtos e, por consequência, o projeto dos seus respectivos roteiros de fabricação desempenham um papel importante para se atingir o nivelamento. Assim, a simplificação dos produtos e processos de manufatura deve ser buscada sempre, de modo a reduzir os tempos e as variações de processo.

Variações significativas nos processos e produtos criam a necessidade de se balancearem as linhas a todo instante e podem criar instabilidade. Os departamentos de marketing e vendas devem se conscientizar da importância do nivelamento da produção para a empresa, como um meio de se reduzir o tempo entre os pedidos dos clientes e suas entregas.

Esses mesmos departamentos, por outro lado, devem fazer uma análise profunda da demanda, buscando entender as razões dos picos e vales da mesma; e, assim, procurar descobrir alguma estabilidade dentro de uma demanda que a princípio demonstra ser irregular.

3.4 - Considerações finais

No decorrer deste capítulo, pôde-se observar que a produção empurrada, por apresentar um fluxo de informações na mesma direção que aquela em que o sistema produtivo flui, ou seja da esquerda para a direita, está mais sujeita a apresentar um ou mais desperdícios de manufatura daqueles apresentados no decorrer do capítulo 2. Em decorrência disso, certamente a produção empurrada proporcionará valores agregados ao produto mais baixos que aqueles apresentados nos sistemas puxados, decorrente fundamentalmente do fato dela não estar diretamente ligada à voz do cliente.

A produção puxada tem sido obtida de diversas formas (CONWIP, FKS, GKS, EKCS), embora a mais tradicional e a mais difundida forma de se puxar a produção tenha sido o Sistema Kanban tradicional.

Pôde-se observar, também, que algumas regras devem ser seguidas pelo sistema de manufatura para que o Kanban funcione corretamente e possa maximizar os resultados por ele esperados, a dinâmica do sistema.

Em ambientes de manufatura com diversos produtos passando por um mesmo recurso, uma célula de manufatura, por exemplo, e que opere com o Sistema Kanban, os quadros Kanban e suas faixas coloridas mostram-se bastante eficazes para o gerenciamento visual da produção pelos operadores.

Segundo Shingo (1996), o nivelamento da produção é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. E mais do que isso, o balanceamento da produção associado ao nivelamento mostrou-se como uma estratégia para se atingir a produção Just-in-time, e permitiu que a Toyota se tornasse a referência mundial para a manufatura enxuta.

No próximo capítulo será discutida a implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em um Ambiente de Manufatura de uma grande empresa multinacional, que atua no segmento de auto-peças, analisando-se o mapa esquemático do fluxo de valor desse ambiente e a estratégia de implementação do Sistema Kanban.

Também será abordada, a criação de um sistema gerencial que permita à alta administração desse Ambiente Manufatura ter uma visão clara, visual e objetiva do status desse Ambiente Manufatura para a rápida tomada de decisões, sem que para isso seja necessário percorrer todos os quadros Kanban implementados.

Capítulo 4

Implementação Produção Puxada em um Ambiente de Manufatura com diversidade de componentes, restrições de fluxo e envio de produtos na forma de kits

O presente capítulo apresenta a implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em um Ambiente de Manufatura de uma indústria multinacional que atua no ramo de auto-peças.

Inicialmente faz-se a descrição desse Ambiente de Manufatura e como ele está organizado, utilizando-se para isso o layout da fábrica e o mapa esquemático do fluxo de valor desse ambiente como principais fontes de informação.

Ainda de posse dessas informações, faz-se uma análise das restrições de fluxo desse Ambiente de Manufatura, esclarecendo-se o porquê dessas restrições e qual a melhor maneira de lidar com elas.

Uma vez analisadas todas essas informações, foram feitas propostas que contemplavam uma estratégia de implementação de um Sistema Kanban, como novo gerenciador do programa de produção, e uma alteração do conceito de movimentação para auxiliar o Sistema Kanban e minimizar a entropia na manufatura, causada pelo envio de componentes na forma de kits conforme requisito do cliente.

Junto com a implementação de um Sistema Kanban, foi feita a proposta de criação de um sistema de informação gerencial que permitisse à alta administração e aos supervisores desse Ambiente de Manufatura uma rápida visualização da situação desse ambiente, sem que para isso fosse necessário percorrer todos os quadros Kanban implementados.

A estratégia de implementação do Sistema Kanban foi dividida em três etapas, de forma que ao abordar o cliente e fazer o link dele com esse novo Ambiente de Manufatura que estava sendo formado, o Sistema Kanban já estivesse sedimentado e gerasse credibilidade e segurança.

Este capítulo, visa então, apresentar o Ambiente de Manufatura dessa indústria de auto-peças, mostrando suas características e as soluções propostas a fim de torná-lo mais produtivo e nivelado. Tudo isso para que o requisito do cliente de envio de componentes em kits transmissões possa ser otimizado e melhor atendido.

4.1 – Ambiente de Manufatura e suas características

O Ambiente de Manufatura alvo deste trabalho é utilizado para a produção de componentes engrenamento, de quatro modelos de transmissões, para caminhões médios de uma das maiores montadoras e atual líder de mercado nesse segmento.

De acordo com o plano estratégico desse negócio, optou-se pelo fornecimento de kits de componentes deixando a montagem dessa transmissão a cargo da montadora.

Os câmbios médios por ela montados atendem o mercado do Mercosul na taxa de 50% da produção, sendo que a outra metade da produção destina-se aos mercados americano e europeu.

Inicialmente projetado para produzir 60.000 kits transmissões por ano, hoje esse Ambiente de Manufatura está sendo estruturado para produzir 100.000 kits transmissões por ano com a introdução de um novo modelo de kit, o qual irá atender basicamente o mercado americano de pick-ups.

O presente trabalho está focado na produção dos 60.000 kits / ano, muito embora, quando esse Ambiente de Manufatura estiver com a produção no novo patamar, as soluções propostas e implementadas serão desdobradas para atingir os 100.000 kits / ano.

Se de um lado o cliente desse Ambiente de Manufatura é o líder de mercado no segmento de caminhões médios, por outro lado a indústria de auto-peças, na qual o Ambiente de Manufatura em estudo está inserido, é líder mundial na fabricação de transmissões e componentes para transmissões, em segmentos que vão desde veículos de passeio, pickups, caminhões leves, médios, pesados a tratores agrícolas.

Essa indústria conta no Brasil com instalações em Valinhos e Mogi Mirim, sendo que o Ambiente de Manufatura em questão encontra-se nesta última localidade.

Instalado em uma área de aproximadamente 200.350 m², o Ambiente de Manufatura encontra-se em uma área construída de cerca de 12.000 m², onde estão instalados todos os seus 200 equipamentos, divididos basicamente em três áreas distintas de manufatura, as quais serão denominadas de usinagem verde, tratamento térmico e usinagem dura.

As áreas mencionadas acima podem ser visualizadas na figura 4.1 e estão identificadas por um retângulo verde, a usinagem dura, por um retângulo azul, a usinagem verde e por um retângulo vermelho, o tratamento térmico.

Esse Ambiente de Manufatura foi projetado para trabalhar em regime de três turnos de trabalho, com três sábados trabalhados por mês somente no turno A e com 75% de produtividade. Conta neste momento com 185 funcionários, alocados nos três turnos e nas três áreas mencionadas anteriormente.

As áreas de usinagem verde, tratamento térmico e usinagem dura contam com 19 células de manufatura, sendo 11 células na usinagem verde, 1 no tratamento térmico e 7 células na usinagem dura.

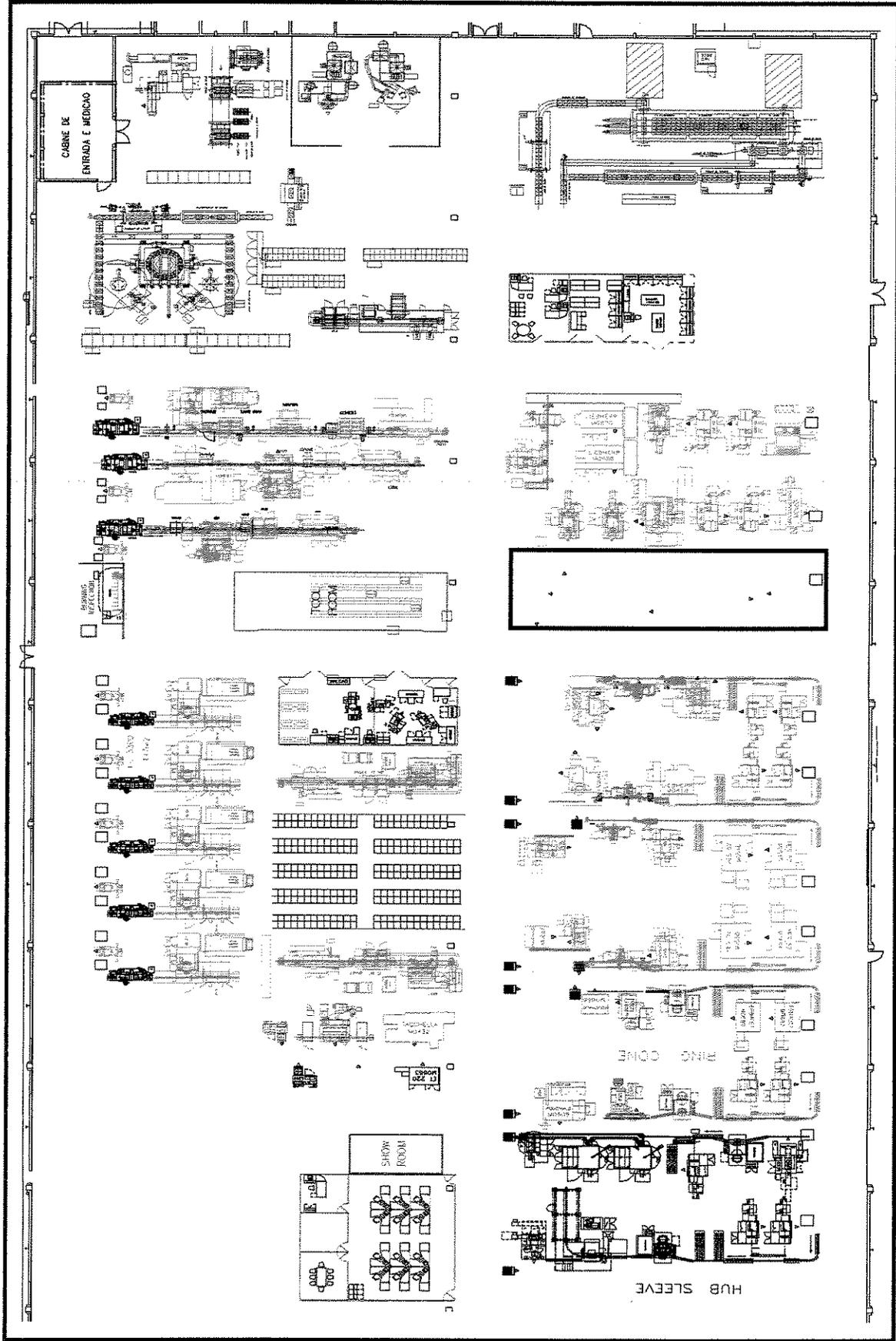


Figura 4.1: Layout do Ambiente de Manufatura

As células de manufatura foram projetadas adotando-se o conceito de células em linha e em espelho; em linha, por terem todos os seus equipamentos alinhados em linha reta com a entrada de matéria-prima em uma extremidade e a saída de produtos na outra extremidade; em espelho, pois cada duas células manufatura são colocadas uma de frente à outra, de forma a maximizar a utilização da mão-de-obra, a permitir o fluxo unitário de peças entre as máquinas dessas células e a permitir que todo esse Ambiente de Manufatura possa ter um fluxo de materiais de ordem global simples, claro e sem contrafluxos.

Embora muitos autores citados como referência para este trabalho (Monden, Ohno e Shingo), os quais estudam a Manufatura Enxuta, defendam a criação de células de manufatura com formato em U, as células de manufatura desse ambiente em análise já estavam montadas.

A área denominada usinagem verde é responsável pelos processos de manufatura que irão transformar forjados, matéria-prima dos itens manufaturados, em peças a serem enviadas ao tratamento térmico; portanto essa área começa a transformar a matéria-prima, deixando-a quase em sua forma final.

Na área de tratamento térmico, as peças passam pelo processo de tratamento térmico (endurecimento) de cementação e têmpera a óleo, no qual adquirem suas propriedades metalúrgicas finais, passando, então, para a usinagem dura.

Essa última área do processo de produção é responsável pelo acabamento final das peças conferindo a elas suas dimensões e especificações finais. Estão, então, prontas para serem colocadas nos kits e enviadas ao cliente.

A composição dos kits e como eles são enviados ao cliente serão abordados com maiores detalhes no decorrer deste trabalho.

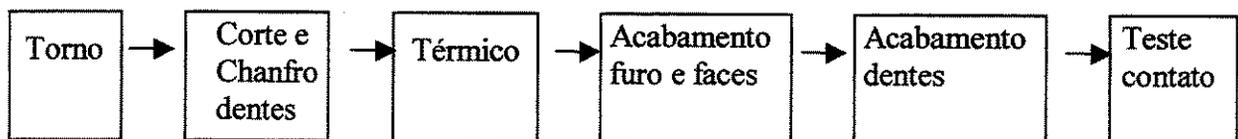
A área de tratamento térmico é única para esse Ambiente de Manufatura, sendo que por ela passam todos os componentes de engrenamento, ou seja, todas as 11 células usinagem verde mandam peças para ela, que em virtude disso, constitui-se uma restrição de fluxo.

Entende-se por componentes de engrenamento os eixos, engrenagens e conjunto de sincronização que compõem uma transmissão e são responsáveis por transmitir a força do motor para as rodas, permitindo, com isso, o deslocamento de qualquer veículo com ela equipado.

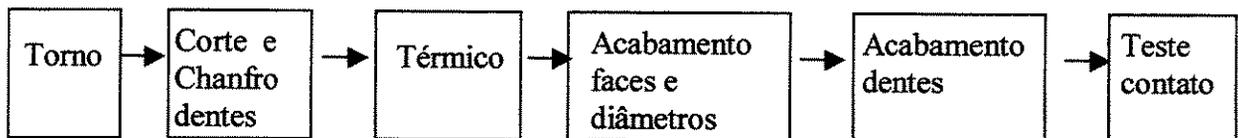
Já as áreas de usinagem verde e usinagem dura, por sua vez, foram separadas em três grupos (usinagem de eixos, usinagem de engrenagens e usinagem de sincronizadores), de acordo com a separação dos componentes de engrenamento descritos acima. A área de usinagem dura, particularmente o grupo responsável pela usinagem de acabamento de engrenagens, também pode ser considerada como uma restrição de fluxo. O porquê dessa restrição poderá ser melhor visualizado no mapa esquemático do fluxo de valor desse Ambiente de Manufatura; mas, resumidamente, deve-se ao fato de 5 células de usinagem verde de engrenagens terem apenas 2 células de acabamento de engrenagens para finalizar a produção desse grupo de itens.

Os diagramas da figura 4.2 ilustram de forma simplificada os processos de fabricação dos componentes de engrenamento: engrenagens, eixos e sincronização, respectivamente.

Engrenagens



Eixos



Sincronização

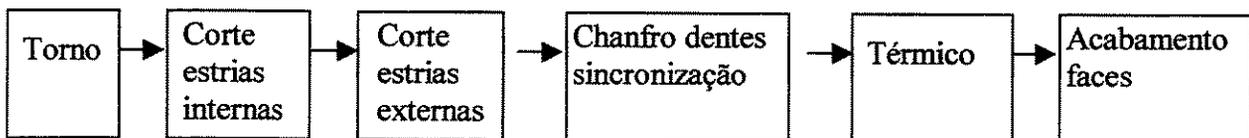


Figura 4.2: Fluxo de processo dos componentes de engrenamento

Conforme comentado na figura 4.1, esse Ambiente de Manufatura apresenta um fluxo de materiais global de fácil visualização, movimentação e sem contrafluxos. Toda a entrada de matéria-prima ocorre por um único corredor lateral, peças semi-prontas (usinagem verde) são transportadas pelo corredor central para a área de tratamento térmico e; retornam pelo mesmo corredor central para as células de usinagem de acabamento, saindo por um segundo corredor lateral direito para a área de expedição sem contrafluxos.

4.2 – Os kits transmissões

Os componentes de engrenamento são enviados ao cliente na forma de kits, os quais são usados em posições específicas na linha de montagem da montadora.

São produzidos 57 itens manufaturados nesse Ambiente de Manufatura, nas 11 células de usinagem verde, o que representa, em média, 5 itens manufaturados por célula de usinagem. Esses itens irão compor 4 kits de transmissões diferentes, sendo que cada um desses 4 kits-transmissão compõe um tipo de câmbio médio, cujos torques variam de 560 a 850 Nm.

Cada um desses kits de transmissões é composto por 26 itens manufaturados, os quais são distribuídos em 6 kits de abastecimento. É importante ficar claro a diferença entre um kit de transmissão e um kit de abastecimento, pois eles são responsáveis por toda a complexidade logística de abastecimento do cliente, pela necessidade de nivelamento de itens manufaturados, e são o pilar central da estratégia de implementação do Sistema Kanban proposto, o qual será discutido em detalhes no decorrer deste capítulo.

Cada um dos 6 kits de abastecimento é enviado ao cliente em cima de um carrinho com rodas, portanto, são necessários vários carrinhos para formar um kit de transmissão. A quantidade de carrinhos depende da quantidade de kits transmissões que serão enviados ao cliente.

Os kits abastecimento podem ter apenas um item manufaturado, como também podem chegar a ter 6 itens manufaturados diferentes no mesmo kit abastecimento.

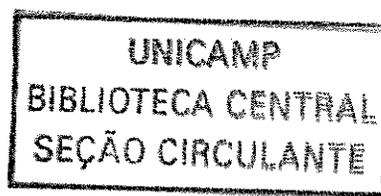
A tabela 4.1 mostra de forma esquemática a composição genérica de cada um dos kits abastecimento, e a quantidade equivalente de transmissões que cada um desses kits apresenta.

Número Kit	Descrição itens manufaturados	Qtidade equivalente transmissões por kit abastecimento
Kit 1	contra-eixo Engrenagens contra-eixo	1 carrinho do Kit 1 monta 8 transmissões
Kit 2	capa / cubo 1 / 2 velocidades capa / cubo 3 / 4 velocidades capa / cubo 5 / 6 velocidades	1 carrinho do Kit 2 monta 27 transmissões
Kit 3	Engrenagem 1 velocidade Engrenagem 2 velocidade Engrenagem ré eixo principal	1 carrinho do Kit 3 monta 6 transmissões
Kit 4	Engrenagem 3 velocidade Engrenagem 4 velocidade Engrenagem 5 / 6 velocidades	1 carrinho do Kit 4 monta 18 transmissões
Kit 5	eixo piloto cone sincronização	1 carrinho do Kit 5 monta 30 transmissões
Kit 6	Engrenagem louca ré	1 carrinho do Kit 6 monta 80 transmissões

Tabela 4.1: Relação entre os Kits transmissão e os Kits abastecimento

Conforme comentado acima e visualizado na tabela 4.1, em virtude dos kits abastecimento apresentarem entre si um número de itens manufaturados bastante variado e também em virtude do tamanho dos itens manufaturados e do seu peso ser bastante diferentes, os kits abastecimento apresentam um número desnivelado de transmissões por kit.

É importante ressaltar que a quantidade de itens manufaturados por kit de abastecimento foi estipulado pelo cliente desse Ambiente Manufatura em função da necessidade de abastecimento dos mesmos na linha montagem, e de forma que um carrinho de peças, individualmente, não ultrapasse 300 kg de peso; o que dificultaria sua movimentação pelos operadores.



As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 ilustram alguns exemplos de como os kits abastecimento são formados, o tipo de embalagem utilizada por esses kits e a diversidade de itens manufaturados em cada um deles.

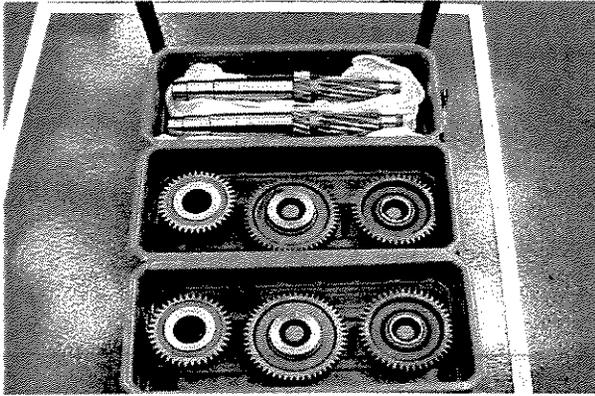


Figura 4.3: Kit 1 abastecimento

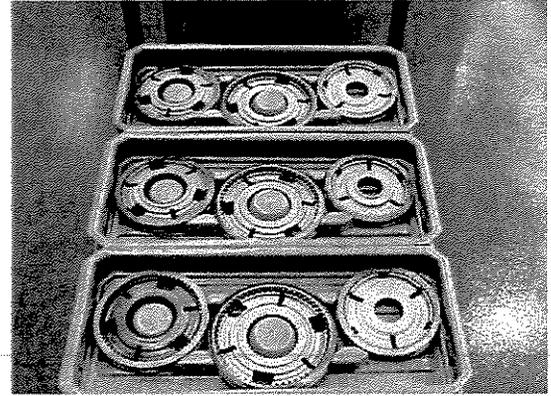


Figura 4.4: Kit 2 abastecimento

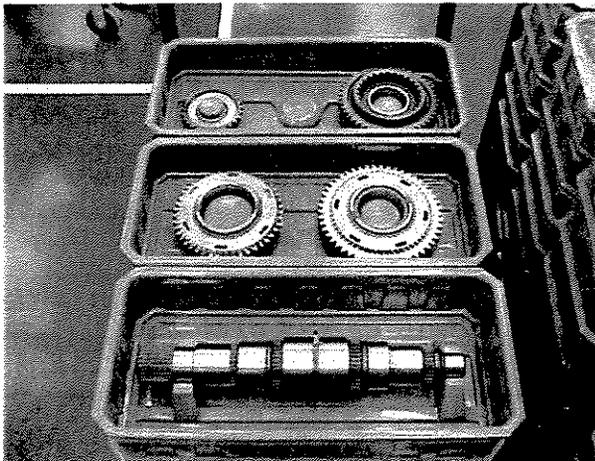


Figura 4.5: Kit 3 abastecimento

Os kits abastecimento são montados na área de expedição, demandam um funcionário por turno e levam cerca de 4,0h para serem montados, para um embarque de 80 kits transmissões, os quais representam a capacidade de carga do caminhão utilizado para a entrega ao cliente a uma frequência de 2 viagens por dia.

Esse caminhão é dotado de um sistema de plataforma elevatória hidráulica de forma a permitir o descarregamento dos carrinhos com os kits na linha de montagem do cliente, sem que o mesmo precise construir uma doca de recebimento.

A linha de montagem do cliente é composta por uma área de armazenamento dos carrinhos com capacidade física para o equivalente a um dia de produção. A movimentação desses carrinhos até os pontos de consumo na linha de montagem é feita por abastecedores que levam carrinhos cheios e retiram carrinhos vazios, os quais são retornáveis.

A figura 4.6 ilustra de forma simplificada a linha de montagem do cliente, mostrando os pontos de consumo dos kits abastecimento e a área na qual os mesmos são armazenados.

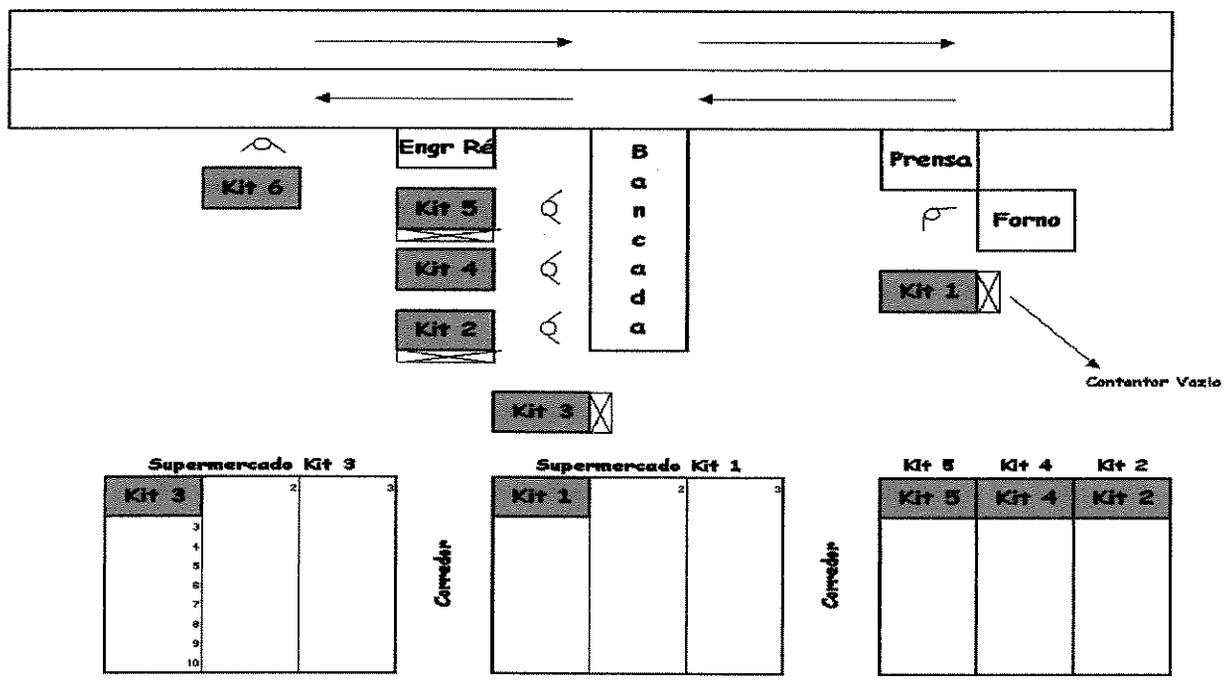


Figura 4.6: Esboço da Linha de Montagem do Cliente

Embora a linha de montagem do cliente esteja totalmente envolvida na estratégia de implementação do Sistema Kanban, não serão explorados maiores detalhes de seu funcionamento, por não ser ela o foco principal deste estudo, e por não estar fisicamente inserida no Ambiente de Manufatura em análise.

4.3 – Mapa Fluxo de Valor Estado Inicial

Segundo Womack e Jones (1996), o ponto de partida para o pensamento enxuto é o valor. Esse valor só pode ser definido pelo cliente final e só é significativo quando expresso em termos de um produto específico, que atenda as necessidades específicas do cliente, a um preço específico e em um momento específico.

Este estudo não poderia ter sido realizado sem que o mapa esquemático do fluxo de valor do Ambiente de Manufatura em questão fosse desenhado.

Por estar se referindo às áreas de manufatura como usinagem verde, tratamento térmico e usinagem dura, foi feito um primeiro mapeamento de fluxo de valor, considerando essas áreas como grandes blocos e quebrando a área de usinagem verde nos seus 3 grupos de componentes, conforme a classificação de engrenamento já comentada no decorrer deste trabalho.

A figura 4.7 ilustra o mapa esquemático do fluxo de valor do Ambiente de Manufatura em análise, mostrando de forma clara o fluxo de informações e o fluxo de materiais antes do início desse trabalho.

Pode-se observar, com a análise do mapa esquemático do fluxo de valor da figura 4.7, como um pedido do cliente transitava por esse Ambiente de Manufatura, passando por muitas etapas até que os supervisores pudessem providenciar o que havia sido pedido. Além disso, pode-se notar que, apesar do cliente informar a programação semanal, as alterações de entrega eram diárias, mexendo-se em quantidade e mix de kits, o que acarretava em conflitos de informações e atraso na saída das entregas, devido ao tempo de 4,0h gasto com a preparação dos kits.

Sob o ponto de vista da Qualidade, ocorriam situações em que uma peça era enviada a mais, e as vezes até a menos. Essas situações ocorriam devido aos kits abastecimento terem quantidades equivalentes de transmissões kit bastante diferentes por kit e também devido às alterações que eram realizadas em cima da hora, incorrendo em grandes modificações nas composições dos kits.

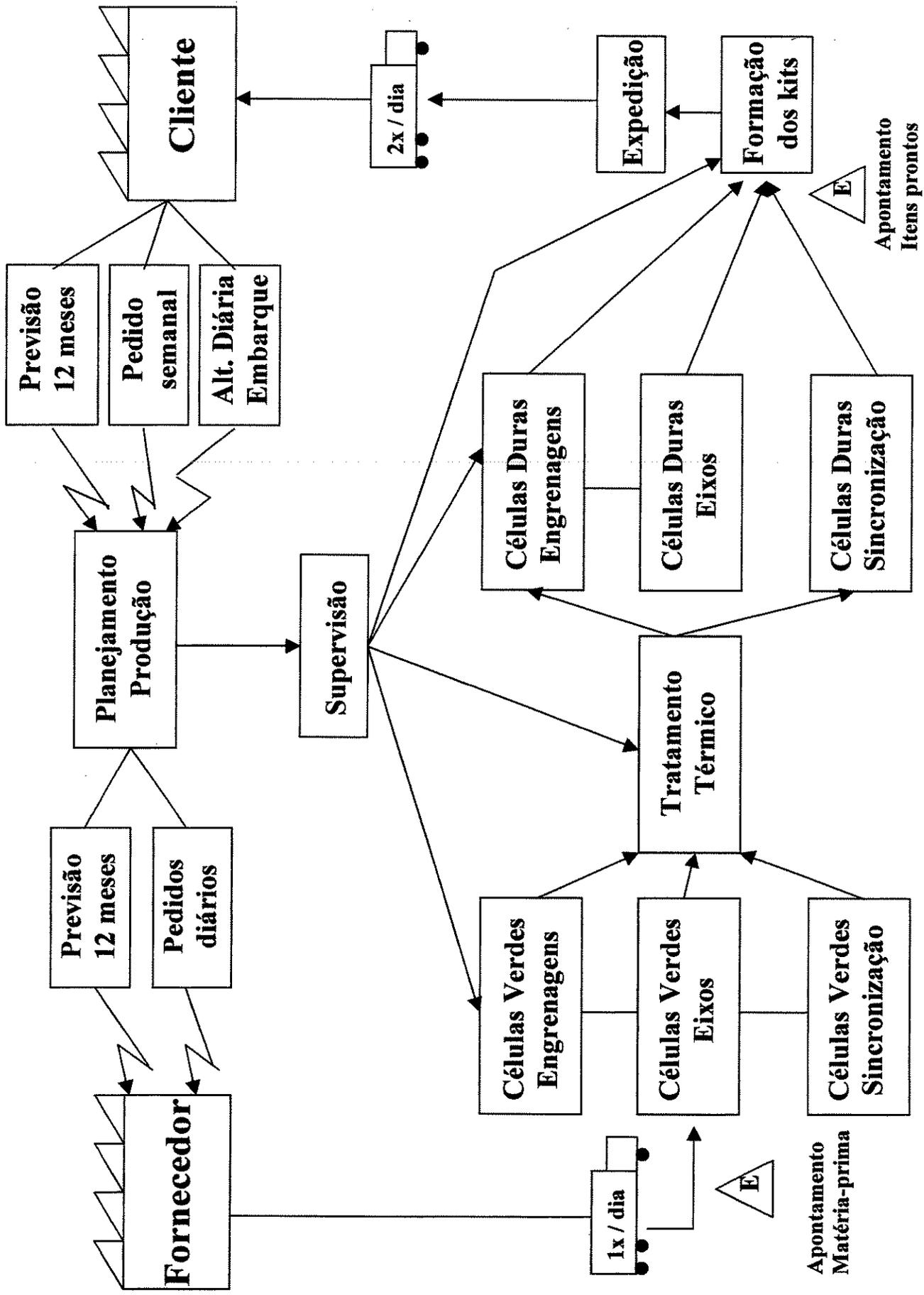


Figura 4.7: Mapa Esquemático do Fluxo de Valor do Estado Inicial

Em constate com a necessidade de envio de componentes em kits, o que impede a saída dos mesmos se um único componente estiver em falta, a manufatura desse Ambiente de Manufatura estava sendo empurrada em todas as suas etapas de produção, desde a entrega da matéria-prima até as células de acabamento. Tal procedimento deixava esse Ambiente de Manufatura conturbado e de administração complexa, exigindo intervenções constantes do comando, ocorrendo falta de componentes e a necessidade de inventários quase que diários. O resultado desses inventários evidenciava o alto desbalanceamento dos itens manufaturados, gerando um inventário global bastante elevado.

Se do ponto de vista do comando desse Ambiente de Manufatura o sistema era conturbado e de administração complexa, sob a ótica do fornecedor interno, com a Forjaria localizada na planta de Valinhos a cerca de 1,0h de viagem por estrada, a mesma sofria com os pedidos diários feitos por telefone ou e-mail, os quais também mudavam constantemente e dependiam muito da sensibilidade da equipe de logística.

As entregas ao cliente ocorriam na freqüência de duas vezes por dia, sem horário fixo, e o recebimento de matéria-prima (forjados) ocorria na freqüência de uma vez ao dia, normalmente à noite, para que a Forjaria pudesse preparar aquilo que havia sido solicitado pela manhã. O lead time da Forjaria é de cerca de 3 dias e, com as alterações diárias dos pedidos de forjados, a mesma era obrigada a manter um alto inventário de forjados de forma a absorver qualquer alteração solicitada.

Finalizando essa análise, pode-se observar a presença de dois pontos de estoque nesse Ambiente de Manufatura de onde eram feitos os apontamentos do nível de estoque da matéria-prima e do nível de estoque dos itens manufaturados prontos. Esses apontamentos alimentavam um sistema de informação computacional.

A qualidade da informação desse sistema de informação computacional não era muito confiável, pois as entradas desse sistema dependiam muito das contagens físicas de itens manufaturados, feitas pelos operadores toda vez que um lote de peças era transferido para a área da expedição.

A figura 4.8 ilustra maiores detalhes do “coração” do Ambiente de Manufatura em análise, ressaltando as células de manufatura e suas particularidades.

Embora existissem pequenos estoques intermediários os quais eram bastante desnivelados, será usado o indicador tempo de resposta de cada uma dessas áreas de manufatura para que se possa ter uma visão objetiva do impacto que as alterações diárias por parte do cliente geravam em um Ambiente de Manufatura com produção empurrada.

Analisando os dados da figura 4.8, fica claro que o tratamento térmico constitui uma restrição de fluxo desse Ambiente de Manufatura por receber itens manufaturados de todas as células de usinagem verde. Essa restrição decorre do fato dos equipamentos utilizados pelo tratamento térmico (fornos, prensa, shot clean, shot peen) serem caros, de grande porte e apresentarem alta eficiência operacional, o que não justifica a fabricação de pequenos equipamentos para que cada uma das células de manufatura pudesse ter seu próprio tratamento térmico.

O tempo de resposta varia em dois dias devido aos três ciclos de tratamento requeridos pelos componentes engrenamento, sendo um ciclo para engrenagens e eixos, um ciclo para eixos principais e um ciclo para itens de sincronização.

Usando o mesmo raciocínio utilizado na análise do tratamento térmico, pode-se observar que a área de usinagem de acabamento de engrenagens é, com certeza, uma segunda restrição de fluxo, pois todos os 22 itens manufaturados por 5 células de usinagem verde precisam ser acabados em 2 células de acabamento.

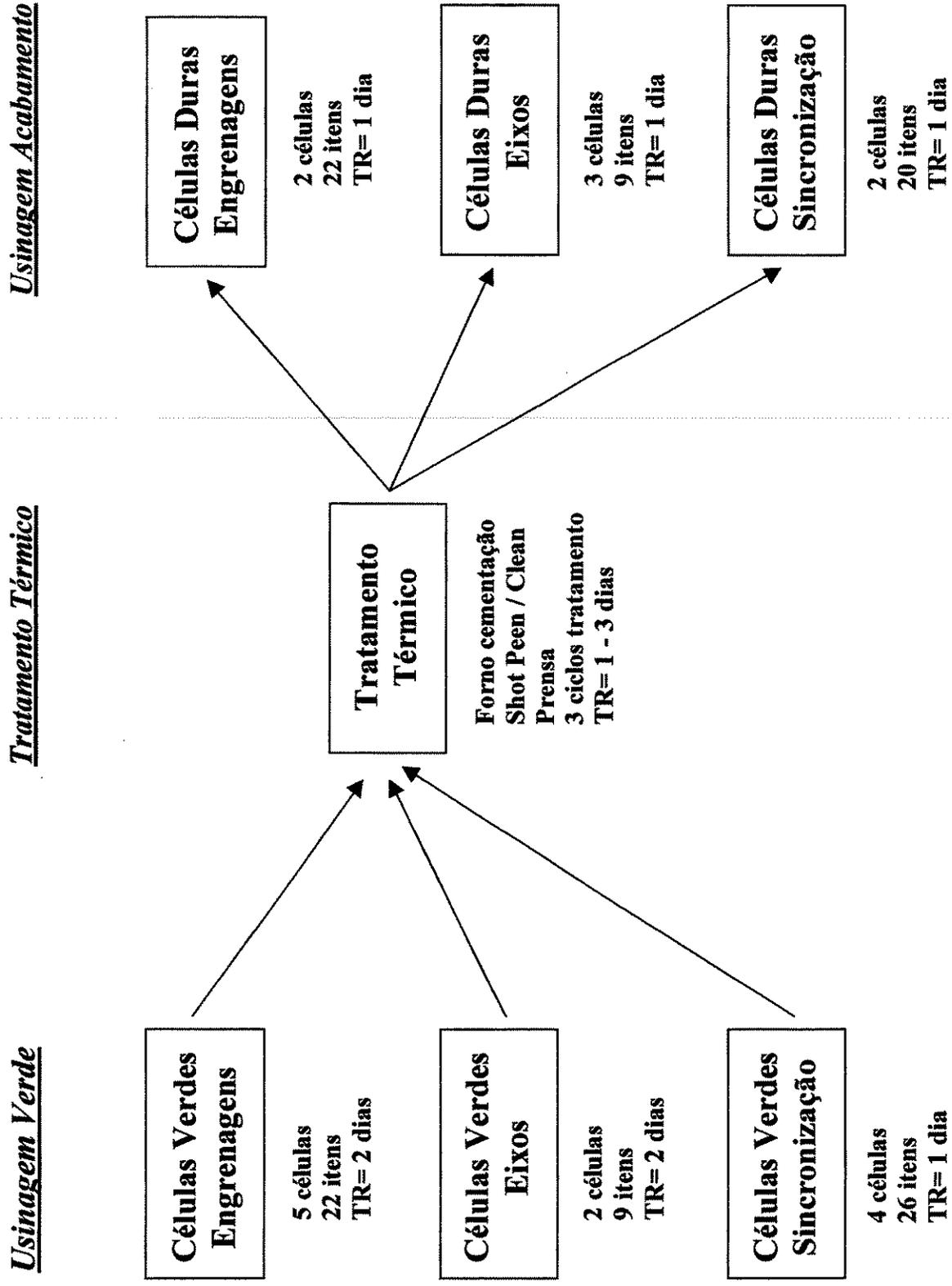


Figura 4.8: Mapa Esquemático do Fluxo de Valor do "coração" do Ambiente de Manufatura

Conforme será discutido no decorrer deste trabalho, ao explorar a estratégia de implementação do Sistema Kanban, essas células precisaram ser “protegidas” por um supermercado para minimizar o impacto da restrição de fluxo e permitir, além disso, um ponto de equilíbrio entre tempo de setup e tamanho dos lotes de produção (faixa verde dos quadros Kanban).

Ainda nessa linha de raciocínio, a sincronização apresenta a mesma situação. Essa área, no entanto, não foi motivo de grande preocupação, embora pudesse ser considerada uma terceira restrição de fluxo. Isso se deve ao fato de um grupo de componentes sincronização (cubos) não apresentar processo de acabamento, saindo pronto do tratamento térmico. Para os demais grupos de componentes sincronização, o processo de acabamento é mais simples e mais rápido que no caso das engrenagens.

4.4 – Estratégia de Implementação do Sistema Kanban

Frente ao explorado no mapa de fluxo de valor, ficou clara no decorrer deste trabalho a importância de se ter um nivelamento dos itens manufaturados, para que o inventário global do Ambiente de Manufatura em estudo pudesse ser mantido a taxas menores, e o requisito de fornecimento em kits transmissões pudesse ser atendido.

A estratégia de implementação foi dividida em três etapas, sendo:

1. implementação de um Sistema Kanban em busca de nivelamento;
2. implementação de um sistema gerencial em busca de controle;
3. alteração do conceito de movimentação de forma a suportar o Kanban e minimizar a entropia de formação dos kits na área de expedição.

Detalhes da implementação do Sistema Kanban serão descritos a seguir e poderão ser observados na figura 4.9, e os detalhes da implementação das outras duas etapas serão abordados no decorrer deste trabalho.

Analisando-se o diagrama da figura 4.9, pode-se observar que estarão sendo criados três supermercados ao longo da cadeia produtiva do Ambiente de Manufatura em análise, os quais serão os pontos de movimentação dos cartões Kanban. Um dos supermercados será de matéria-prima (forjados), um segundo supermercado será de itens manufaturados semi-acabados (itens que já passaram pelo tratamento térmico) e o terceiro será composto por itens manufaturados prontos para embarque. O gatilho de toda essa estratégia será o supermercado de itens manufaturados prontos, por ser o mais próximo ao cliente final, representando, portanto, a voz do cliente.

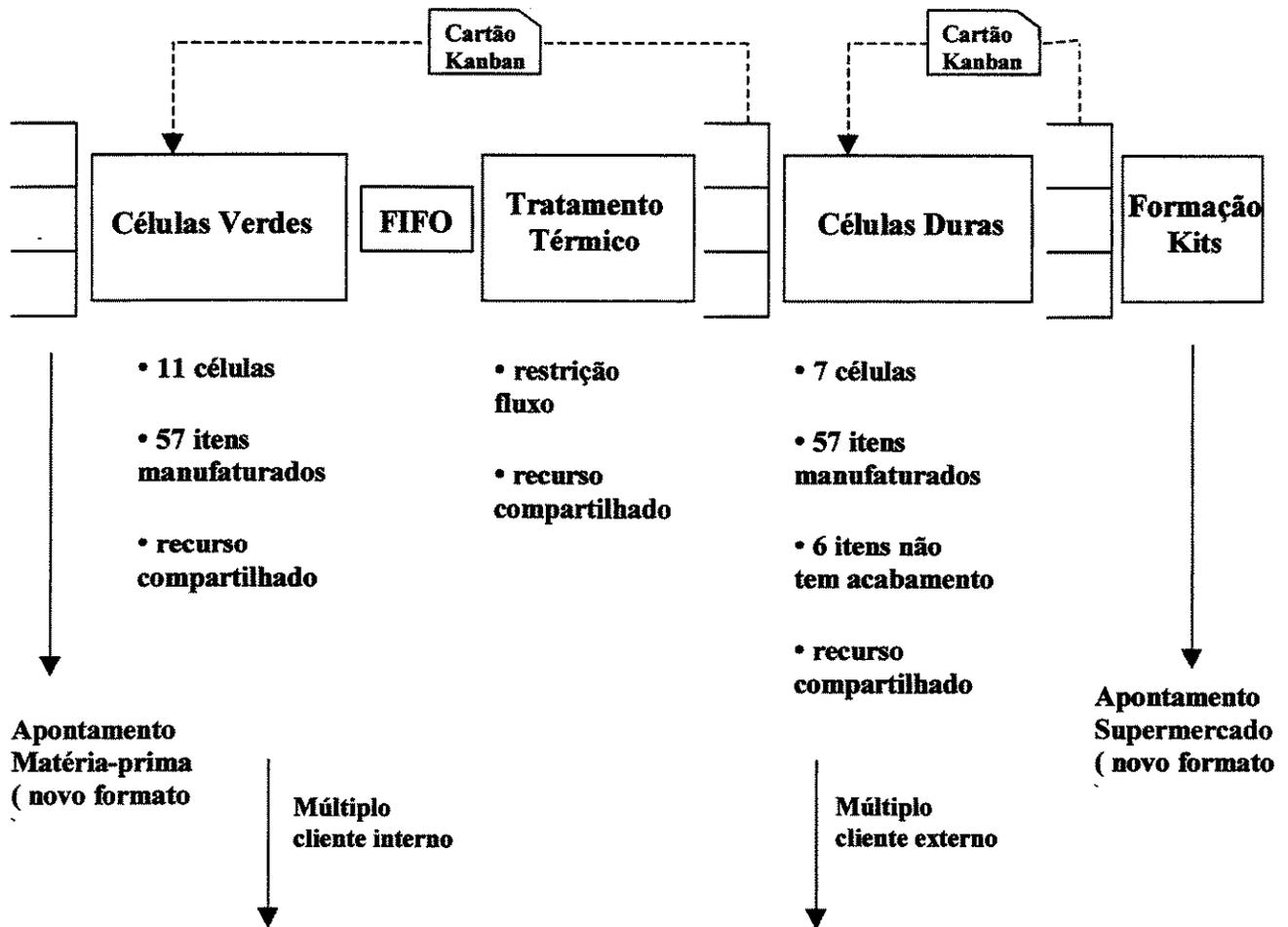


Figura 4.9: Estratégia de Implementação do Sistema Kanban

Toda implementação de um Sistema Kanban deve ser muito bem planejada, como já descreveram muitos autores (Monden, Tardin, Black) mencionados como referência para este trabalho, para que essa poderosa ferramenta não caia em descrédito.

O autor deste trabalho, em particular, defende ainda que qualquer Sistema Kanban na manufatura não seja implementado sem que um supermercado, por menor que seja, tenha sido estabelecido, pois, do contrário, o sistema ficará conturbado demais com vários itens sendo solicitados ao mesmo tempo, o que poderá gerar falta de credibilidade do Sistema Kanban.

Assim sendo, optou-se por atingir essa estratégia de implementação do Sistema Kanban em três passos, sendo o primeiro deles a implementação de um Sistema Kanban de matéria-prima, com o objetivo de equalizar a matéria-prima e delimitar a porta de entrada do inventário.

O segundo passo seria implementar o Sistema Kanban na manufatura como um todo, buscando, nesse momento, a equalização e o nivelamento do inventário. Esse passo deveria envolver de uma única vez as células de usinagem verde, tratamento térmico e células de usinagem acabamento.

O terceiro e último dos três passos seria implementar o Sistema Kanban com o cliente. Reforçando um ponto já discutido no decorrer deste trabalho, a princípio envolver o cliente somente no último passo pode, a princípio, parecer estranho e até a adoção de uma estratégia errada, uma vez que ele é o gatilho de todo esse Ambiente de Manufatura; porém, ao atingir esse passo, o Sistema Kanban de matéria-prima e o da manufatura já estariam implementados, sedimentados e com credibilidade interna.

É importante ressaltar que embora a implementação do Sistema Kanban com o cliente tenha sido o terceiro passo dessa estratégia, o mesmo foi envolvido desde o início desse trabalho para que juntos, cliente e fornecedor, pudessem chegar a um múltiplo de embarque comum. Adotando-se essa estratégia, o cliente teria confiança e segurança na ferramenta, sem as quais toda estruturação montada não teria sustentação e não seria completa.

Complementando essa estratégia em três passos de implementação, algumas diretrizes foram adotadas para contornar as restrições de fluxo apontadas e permitir aos operadores desse Ambiente de Manufatura, os quais a partir desse momento seriam os responsáveis pelo gerenciamento do que produzir, uma visão de todo o status do sistema produtivo.

Assim sendo, a proteção dos supermercados de produtos acabados e semi-acabados seria dimensionada equalizando as faixas amarela e vermelha, e não só a faixa vermelha como defendem muitos autores. Dessa forma, a manufatura fica menos “nervosa”, ou seja, a quantidade de setups das células é menor, porém sem tirar o conceito de produção na hora certa, o qual é a base de qualquer Sistema Kanban.

Um Sistema Kanban eletrônico para matéria-prima seria utilizado de forma a transpor a questão distância física entre as duas plantas de Valinhos e Mogi Mirim.

Os quadros Kanban das áreas de usinagem verde deveriam sinalizar o status da cadeia produtiva até o supermercado de semi-acabados, e os quadros Kanban das áreas de acabamento deveriam sinalizar o status do supermercado de produtos prontos.

Os quadros e os cartões Kanban deveriam ter uma construção tal que os mesmos pudessem ser facilmente modificados em casos de redimensionamentos em virtude de alterações de mix maiores que 20%.

Um Sistema Kanban de duas gavetas sem cartão seria utilizado com o cliente, objetivando também transpor a questão distância física entre o Ambiente de Manufatura em análise e a planta do cliente, porém de forma diferente do Sistema Kanban de matéria-prima.

4.5 - Sistema Kanban de Matéria-Prima

O objetivo da implementação do Kanban de matéria-prima ter sido o primeiro passo da implementação deve-se à busca pela equalização da matéria-prima, à formação do supermercado de forjados e à delimitação de uma porta de entrada para o controle de inventário.

Para o dimensionamento desse Kanban, foram utilizados dados como quantidade de forjados por caixa, relação entre o número de usinados que esse forjado, o consumo médio mensal e o nível de inventário estabelecido na estratégia de manufatura prevista pela alta administração.

A figura 4.10 ilustra a planilha de cálculo utilizada para o dimensionamento do Kanban de matéria-prima.

Número do Forjado	Descrição do Forjado	Qtde por Caixa	Qtde Caixas	Consumo	Inventário
				médio	Dias
Forjado 1	Contra Eixo	70	24	110	15,3
Forjado 2	Contra Eixo	56	16	45	19,9
Forjado 3	Eixo Principal	65	24	110	14,2
Forjado 4	Eixo Principal	53	16	45	18,8
Forjado 5	Eixo Piloto	170	8	95	14,3
Forjado 6	Eixo Piloto	113	8	60	15,1
Forjado 7	Engrenagem 1ª Vel	100	16	110	14,5
Forjado 8	Engrenagem 1ª Vel	150	8	45	26,7
Forjado 9	Engrenagem 2ª Vel	150	12	110	16,4
Forjado 10	Engrenagem 2ª Vel	218	4	45	19,4

Figura 4.10: Planilha de cálculo do Kanban de matéria-prima

É importante ressaltar que a figura 4.10 ilustra um inventário em dias que pode ser considerado alto, porém é preciso ficar claro que esse foi o primeiro dimensionamento do sistema implementado; e que o mesmo já passou por três redimensionamentos desde sua implementação em virtude das alterações do programa de vendas e da maturidade que o sistema tem adquirido com o tempo, incorrendo na necessidade de um fator de segurança menor.

Uma vez dimensionado o número de caixas forjado para cada item de matéria-prima, elas foram alocadas em filas em um supermercado ordenado por área de usinagem atendida (usinagem engrenagens, usinagem eixos e sincronização), de tal forma que a reportagem desse supermercado pudesse ser feita de maneira rápida e eficiente. Esse supermercado pode ser visto na figura 4.11.

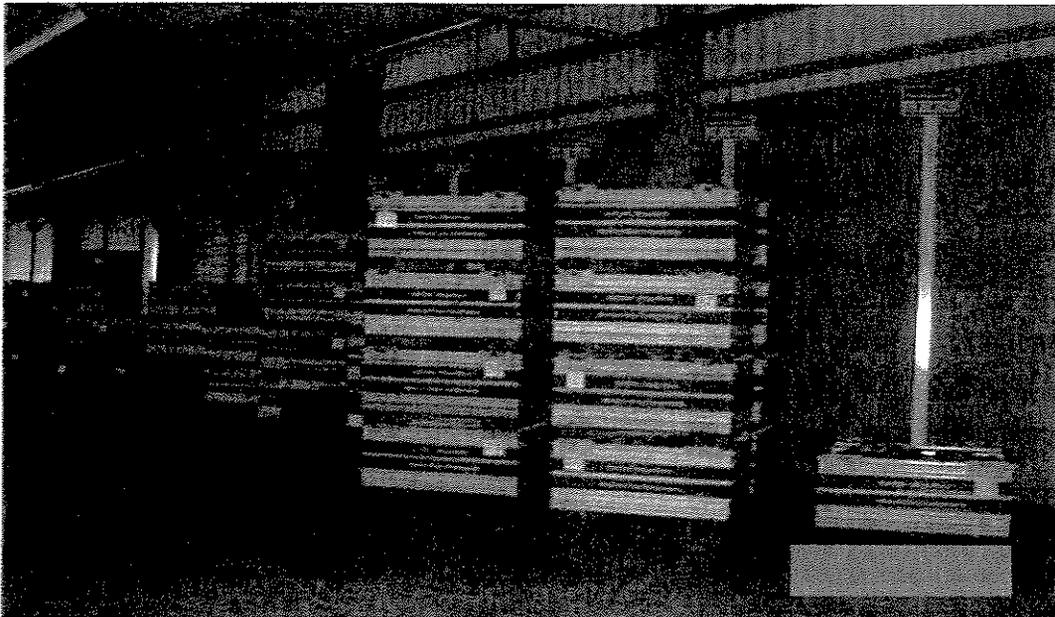


Figura 4.11: Supermercado de forjados

Pode-se observar na figura 4.11 que cada um dos itens de forjado fica alocado próximo ao seu postinho, e cada um desses postinhos possui uma seta amarela que corresponde à altura máxima ou nível do supermercado.

Para a reportagem diária desse supermercado foi criada uma planilha utilizando-se o software do Excel, onde se pode ver claramente as cores Kanban e onde cada quadrinho preto

cheio representa uma caixa de forjado disponível. Essa planilha traz ainda informações sobre a quantidade de forjados que cada caixa comporta e pode ser observada na figura 4.12.

A planilha da figura 4.12 é usada diariamente, sendo que um funcionário passa pelo supermercado, conta a quantidade de caixas de cada um desses itens e alimenta a planilha desenvolvida, a qual preenche automaticamente os quadrinhos em preto sinalizando o status desse Kanban; cada um dos quadrinhos em preto corresponde a uma caixa de forjado e portanto a um cartão Kanban.

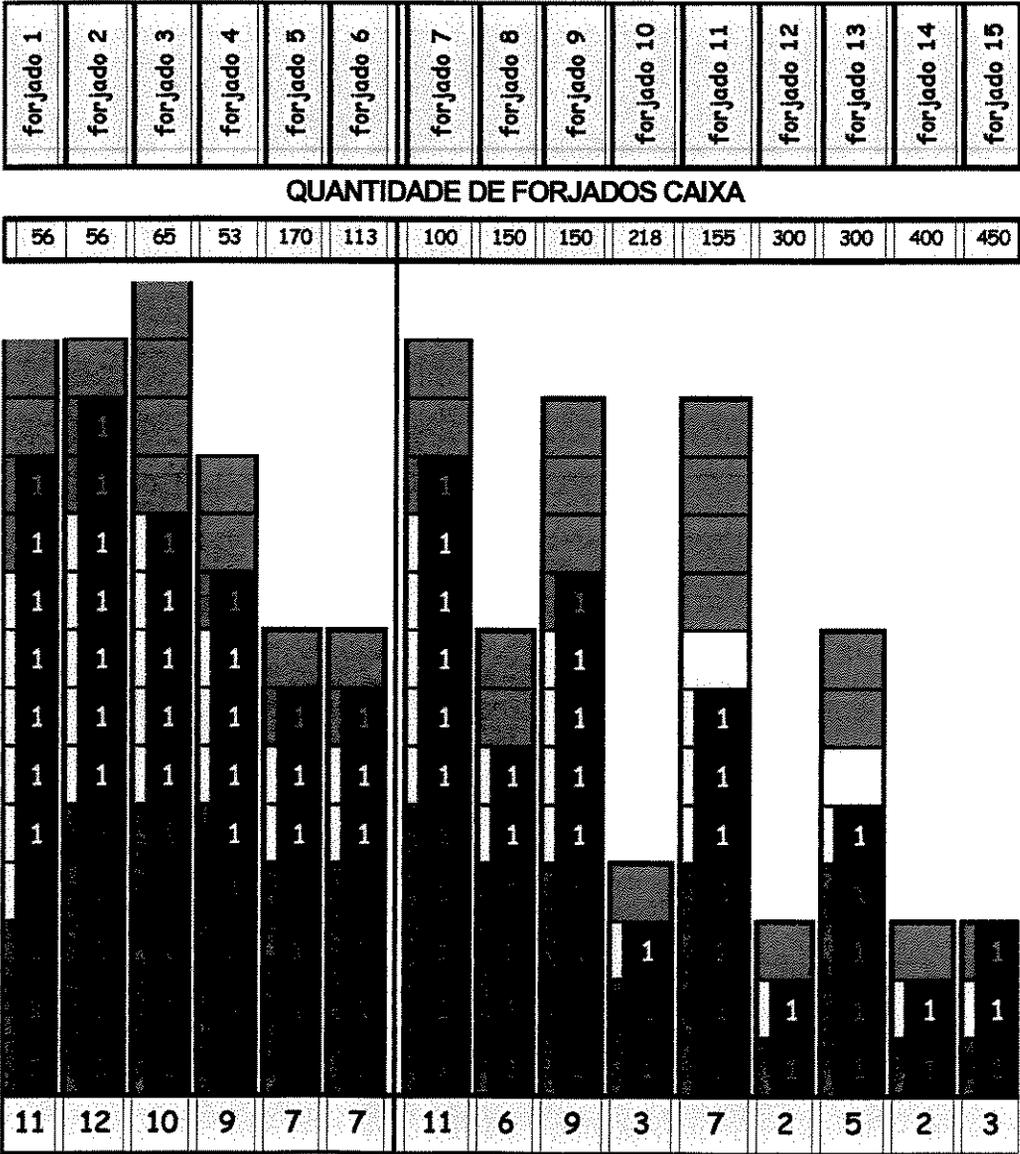


Figura 4.12: Planilha de Reportagem Kanban de Matéria-Prima

Na seqüência, essa planilha é enviada por e-mail para a Forjaria de Valinhos, que se programa para suprir a falta desse supermercado de forjado de forma a “cobrir” todos os cartões.

Ao se analisar a figura 4.12, é importante mencionar que a mesma representa um quadro Kanban invertido, ou seja, por se tratar de um supermercado de matéria-prima quanto mais caixas cheias de forjado existir, mais se estará “protegido” e nesse caso em particular, mais próximo da faixa verde.

Pela forma como esse Kanban é reportado e monitorado, sem a existência física de cartões, pode-se classificá-lo como um Kanban eletrônico.

Após a introdução desse Kanban eletrônico e do nivelamento do supermercado de forjados, as entregas de matéria-prima passaram a ter uma freqüência de duas vezes ao dia.

Aproveitando a implementação dessa etapa da estratégia Kanban proposta no decorrer deste capítulo, foram criadas caixas alusivas à unidade de negócio em que o Ambiente de Manufatura em análise está inserido, nas cores azul e branca, com a inclusão da sigla dessa unidade. O objetivo nessa etapa foi criar um sistema visual que facilitasse o carregamento das caixas de forjado que deveriam ser enviadas a Mogi Mirim, pelo pessoal da expedição da Forjaria.

4.6 - Sistema Kanban na Manufatura

Conforme descrito anteriormente, o objetivo desse passo era equalizar e nivelar o inventário de itens manufaturados entre as usinagens verde e dura, dando condições ao Ambiente de Manufatura em análise para compor seus kits de transmissões e enviá-los ao cliente final.

No decorrer do capítulo 3, foi feita alusão às cores amarela e vermelha dos quadros kanban como sendo respectivamente representativas do lead time e da segurança do sistema.

Além disso, se analisada à luz do estoque ou inventário, pode-se dizer que a faixa amarela representa o estoque de flutuação e a faixa vermelha representa o estoque segurança.

Segundo Black (1998), a beleza desse sistema está no fato dele ser simples e visual. Por isso os usuários entendem como ele funciona e confiam nele.

Tendo como base esses dois pontos explicitados, os quadros kanban foram dimensionados para que a estratégia de formação do supermercado estivesse contida nas cores amarela e vermelha, de forma a deixar a manufatura menos conturbada e evitar, com isso, incorrer em menos setups desnecessários. A figura 4.13 ilustra um dos quadros Kanban implementado na manufatura.

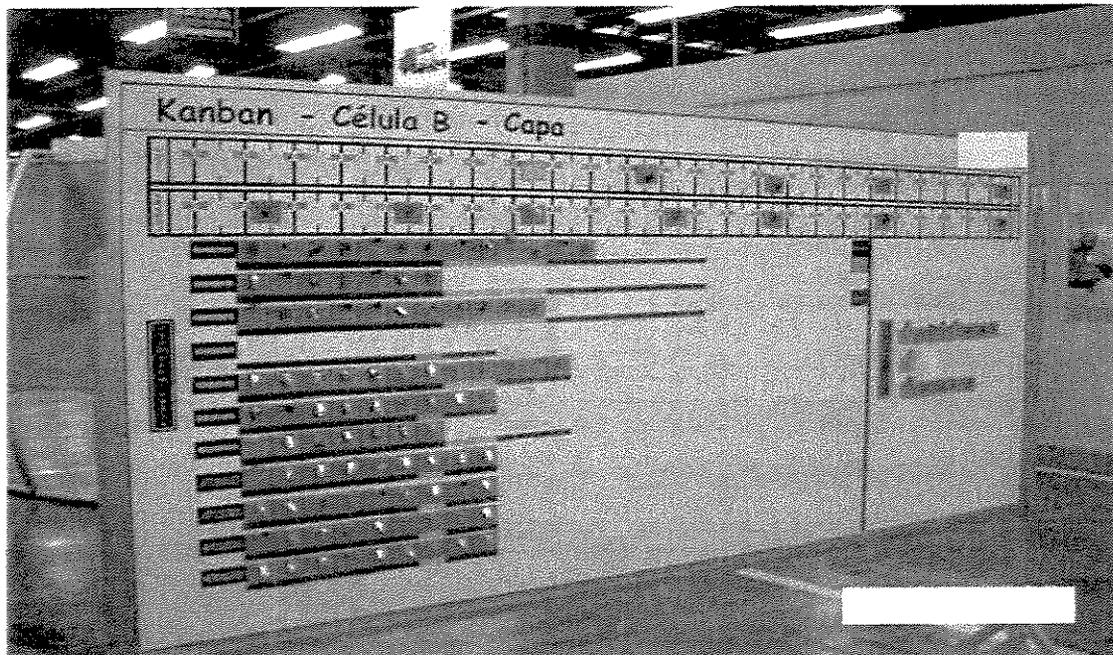


Figura 4.13: Quadro Kanban Implementado na Manufatura (usinagem verde)

Foram implementados quadros Kanban em todas as 11 células denominadas de usinagem verde ao longo desse trabalho e nas 7 células de usinagem acabamento. Para todas essas células foi empregado o mesmo padrão de dimensionamento, utilizando-se para isso os seguintes dados de entrada e suas respectivas unidades entre parênteses:

- ✓ demanda média mensal; (em volume)
- ✓ tempo padrão da restrição da célula; (em horas)
- ✓ quantidade de peças por contentor; (em volume)
- ✓ números setups por semana; (em quantidade)
- ✓ tempo setup célula; (em horas)
- ✓ utilização da célula; (porcentagem de horas)
- ✓ estratégia de inventário. (em dias)

A figura 4.14 ilustra a tabela ou planilha de cálculo usada para o dimensionamento dos quadros Kanban da manufatura. O detalhe desse dimensionamento será explicado na seqüência.

Dimensionamento KANBAN - Célula B - CAPA

Usinagem Verde	Demanda		Restrição TP	Neces. Horas	Contentor Qtde	Semanal Setup	Mês Dias	Lote / dias Duração	Setup Tempo	Setup T. Total	Supermercado do Verde						
	Nº Peça	Diária									Mensal	Setup		L. Time		Inventário	
												Peças	Cartões	Peças	Cartões	Peças	Cartões
item 1	40	800	0,0376	7,5	84	0,5	20	2,1	3,00	1,50	420	5	84	1	84	1	
item 2	40	800	0,0354	7,1	84	0,5		2,1	3,00	1,50	420	5	84	1	84	1	
item 3	40	800	0,0386	7,7	84	0,5		2,1	3,00	1,50	420	5	84	1	252	3	
item 4	40	800	0,0331	6,6	84	0,5		2,1	3,00	1,50	420	5	84	1	252	3	
item 5	120	2.400	0,0322	19,3	84	1		0,7	3,00	3,00	588	7	336	4	336	4	
item 6	120	2.400	0,0433	26,0	84	1		0,7	3,00	3,00	588	7	336	4	336	4	
item 7	120	2.400	0,0330	19,8	84	1		0,7	3,00	3,00	588	7	336	4	336	4	
	520	10.400		94		5				15							

Avaliação da célula	Turno	H. Disp. semana	Prod + Setup	Utiliz.
	3	118,00	109,04	92%

Figura 4.14: Tabela de Dimensionamento dos Quadros Kanban

4.6.1 - Dimensionamento faixas cores dos quadros Kanban

A tabela de cálculo apresentada na figura 4.14 foi utilizada para o cálculo dos quadros Kanban tanto para a usinagem verde quanto para a usinagem acabamento, alterando-se apenas os parâmetros de cálculo mencionados anteriormente.

Para o cálculo da faixa verde (tamanho lote produção), foram considerados a demanda diária e o número de setups por semana planejado para cada um dos itens manufaturados. O número de setups por semana reflete a frequência com que cada um dos itens manufaturados deseja ser produzido dentro da estratégia desse Ambiente de Manufatura. O cálculo da faixa verde foi feito multiplicando-se a demanda diária por cinco e dividindo-se o resultado pelo número de setups planejado por semana.

O valor resultante desse cálculo representa a quantidade de peças suportadas pela faixa verde. Dividindo-se esse valor pelo número de peças de um contentor, tem-se o número de cartões dessa faixa do quadro.

O número de cartões encontrado nem sempre era um número inteiro; o critério adotado para fazer o arredondamento será explicado a seguir, pois vale para todas as faixas de cores dos quadros Kanban.

Para o cálculo da faixa amarela (estoque flutuação), foram consideradas a demanda diária e a estratégia em dias de estoque de flutuação, planejada pela alta administração desse Ambiente de Manufatura.

Para o cálculo da faixa vermelha (estoque segurança), foram consideradas a demanda diária e a estratégia em dias de estoque de segurança, planejada pela alta administração desse Ambiente de Manufatura.

Tanto para a faixa amarela quanto para a faixa vermelha, esse cálculo era feito multiplicando-se os parâmetros comentados nos parágrafos anteriores, ou seja, a demanda diária

multiplicada pela estratégia em dias do estoque de flutuação ou a estratégia do estoque de segurança dependendo de qual faixa estivesse sendo dimensionada. O valor resultante dessa multiplicação era dividido pelo número de peças do contentor, e assim obtinha-se o número de cartões Kanban para cada uma dessas faixas.

Conforme comentado anteriormente, o número de cartões Kanban encontrados nem sempre era um número inteiro. Por outro lado, não seria correto utilizar apenas o número inteiro imediatamente superior ou o inferior. Como critério para esse desempate foi considerado como fator moderador a metade da quantidade de peças de um contentor.

Dessa forma, o número inteiro de cartões calculado conforme mencionado acima era multiplicado pela quantidade de peças do contetor (valor de referência), e a esse valor era somada a quantidade equivalente à metade de um contentor (novo valor de referência).

Esse novo valor de referência era comparado ao número resultante do cálculo proposto para cada uma das faixas de cores dos quadros Kanban. Se esse novo valor de referência fosse menor que o número encontrado no cálculo das faixas de cores, o número de cartões Kanban era arredondado para o número inteiro imediatamente acima daquele encontrado.

Caso contrário, o número de cartões Kanban era arredondado para o número inteiro encontrado. A tabela 4.2 ilustra um exemplo do arredondamento realizado para se encontrar a quantidade de cartões Kanban de cada uma das faixas de cores.

Quantidade peças contentor:	84	
Valor encontrado cálculo faixas:	400	
Números cartões equivalentes:	$400/84$	4,76
Valor referência:	$84*4$	336
Novo valor referência:	$336+42$	378
Novo valor referência < Valor encontrado cálculo faixas		
Número final cartões:	$4+1$	5
Número final peças faixa:	$5*84$	420

Tabela 4.2: Exemplo do Método de Arredondamento Empregado

De forma a ilustrar o dimensionamento de cada uma das faixas conforme proposto, considerando o item 1 da figura 4.14 tem-se:

Item 1 demanda diária 40 pc

Faixa Verde

demanda diária * 5 dias / quantidade de setup por semana
 $40 * 5 / 0.5 = 400$ pc
contentor 84 pc => $400 / 84 = 4,76$ cartões => 5 cartões

Faixa Amarela

demanda diária * estratégia inventário
 $40 * 3 = 120$ pc
contentor 84 pc => $120 / 84 = 1,43$ cartões => 1 cartão

Faixa Vermelha

demanda diária * estratégia inventário segurança
 $40 * 3 = 120$ pc
contentor 84 pc => $120 / 84 = 1,43$ cartões => 1 cartão

Um fator preponderante no dimensionamento do Kanban foi a taxa de utilização da célula, sendo que a mesma não poderia nunca ser maior que 100%, pois, do contrário, caso o Kanban fosse solicitado ao seu máximo, a célula não teria condições de repor o consumo ocorrido.

Foram utilizados dois cartões com cores diferentes para os Kanbans na usinagem verde e usinagem dura. Para a usinagem verde, foi utilizado um cartão de cor verde e para a usinagem de acabamento, um cartão de cor cinza, conforme pode ser observado nas figuras 4.13 e 4.15.

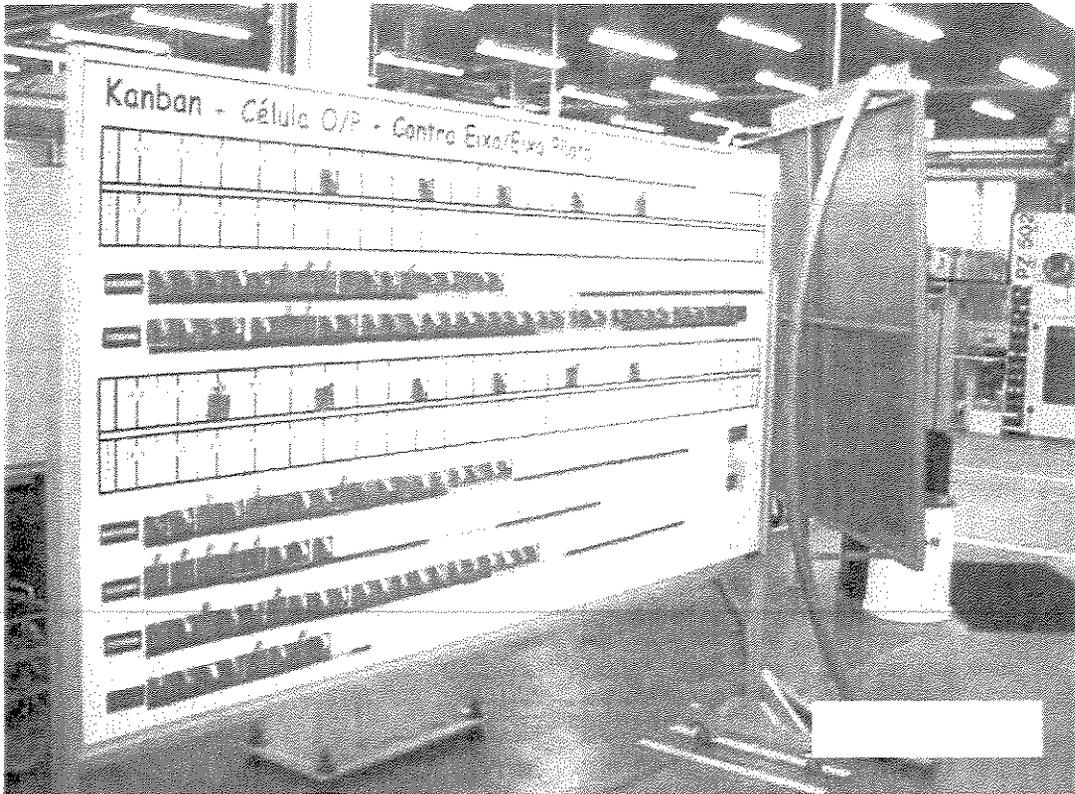


Figura 4.15: Quadro Kanban das Células de Acabamento

Ao implementar o Kanban na manufatura, decidiu-se por essas duas cores de forma a deixar claro para os operadores que os supermercados de produtos prontos e de semi-acabados poderiam ter estratégias diferenciadas, determinadas basicamente pela variação de mercado e pela estratégia de inventário delineada pela alta administração da empresa.

Além disso, ao adotar dois cartões com cores diferentes, ficou evidente o ponto de troca dos cartões, o qual ocorre quando um lote de itens semi-acabados entra em seu processo final na primeira operação das células de usinagem acabamento.

Uma terceira razão para o uso das duas cores de cartões deve-se à estratégia de adotar, para a usinagem de acabamento, um múltiplo do cartão Kanban equivalente ao múltiplo do número de kits transmissões embarcados para o cliente; e para a usinagem verde, o múltiplo do cartão Kanban equivalente à carga de tratamento térmico, nesse caso o cliente interno desse Ambiente de Manufatura.

É evidente, nesse ponto, que podem existir pequenas diferenças entre os múltiplos dos cartões Kanban das usinagens verde e de acabamento, as quais são absorvidas pelo supermercado de semi-acabados.

A figura 4.16 ilustra os dois cartões utilizados.

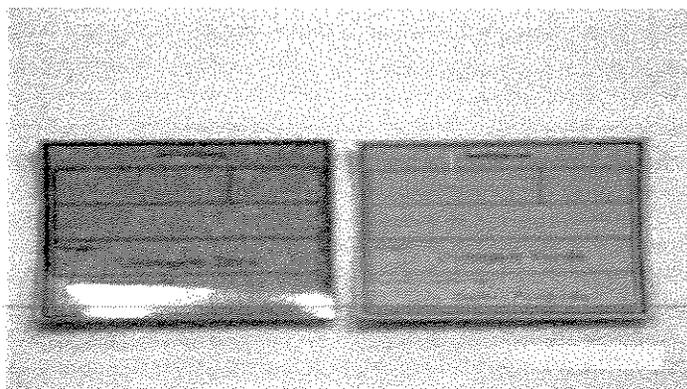


Figura 4.16: Cartões Kanban utilizados

Um ponto importante a ser observado na figura 4.16 foi a adoção de um cartão padrão independente da área de usinagem em uso; com isso, obteve-se flexibilidade de construção dos quadros Kanban, pois o restante das informações, como o número do item manufaturado, a descrição desse item e a quantidade a ser produzida, eram feitas através de etiquetas auto-adesivas, conforme ilustrado na figura 4.17.

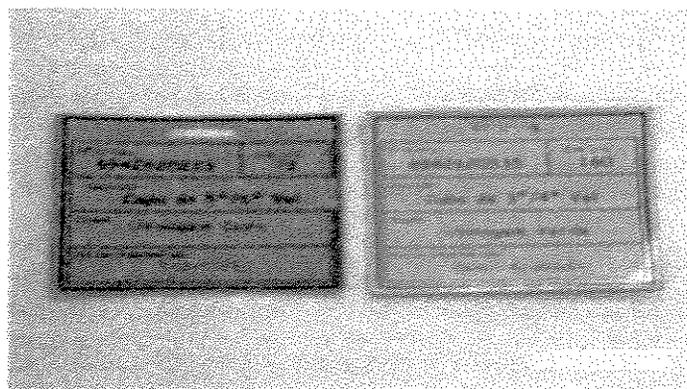


Figura 4.17: Cartões Kanban completos

As cores verde, amarela e vermelha dos quadros foram feitas com ímãs nas cores respectivas, os quais possuem o comprimento exato do cartão Kanban e permitem, assim, que a quantidade de cartões por cor pudesse ser facilmente rearranjada, no caso de um redimensionamento.

Ao se analisar a figura 4.13 novamente, com mais profundidade, fica evidente uma série de elementos da estratégia de implementação, comentados até esse ponto.

Os quadros da usinagem verde, como é o caso do quadro da figura 4.13, mostram aos operadores o status de suas células, do tratamento térmico e do supermercado de semi-acabado.

Ao analisar qualquer um desses quadros, os operadores olham quantos cartões estão nas régua de cores do Kanban; se todos os cartões estiverem nessa régua, a situação é extremamente delicada pois uma parada do cliente é certa, uma vez que o supermercado de semi-acabados está vazio.

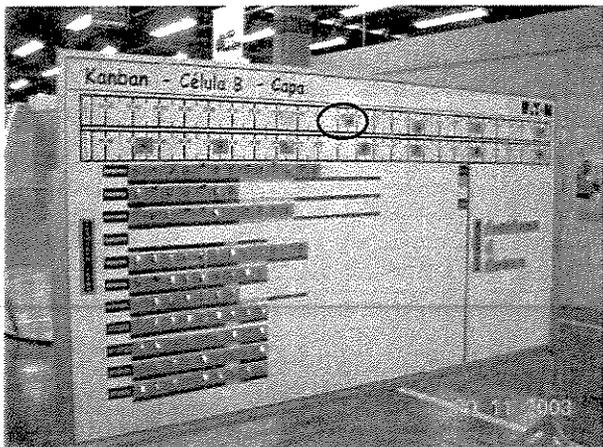
Se nessa régua de cores houver a falta de cartões de um item manufaturado qualquer, bastava o operador olhar na parte debaixo do quadro, na área demarcada como tratamento térmico; se para o item em análise existissem cartões nessa região, significaria que existiam lotes sendo tratados no tratamento térmico.

Por outro lado, se a soma dos cartões na régua de cores, mais a quantidade de cartões no tratamento térmico fosse menor que o número total de cartões que o quadro comporta para o item em análise, a diferença entre essas duas situações seria justamente o nível em que o supermercado de semi-acabados se encontrava para o referido item.

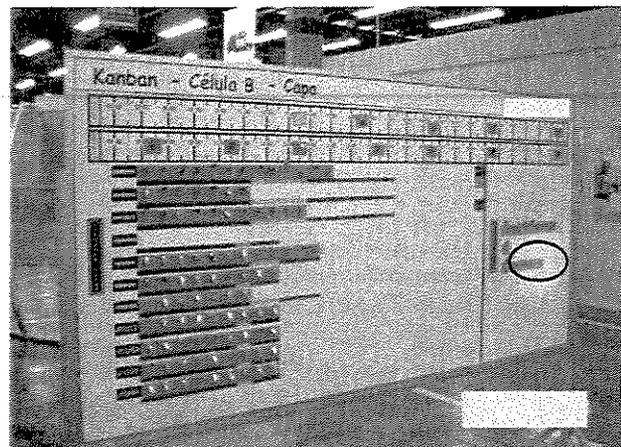
O fato de adotar-se estratégia de movimentar um lote para o tratamento térmico, mantendo o cartão no quadro Kanban, porém em uma região do quadro própria para isso, permitiu aos operadores tomarem decisões mais seguras de qual item ser produzido em primeiro lugar, em caso de mais de um item estar na mesma situação em suas respectivas régua de cores. Com esse raciocínio, os operadores tinham de maneira clara a informação do que estava tratando

e do que já estava no supermercado de semi-acabados, disponível para a usinagem de acabamento.

A figura 4.18 ilustra a dinâmica de envio do lote de itens manufaturados para a área do tratamento térmico e a movimentação dos cartões no quadro Kanban da usinagem verde.



**1 cartão
produzido**



**lote de peças para
tratamento térmico**

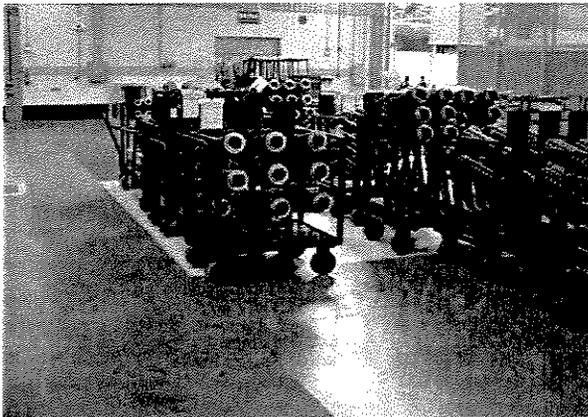


Figura 4.18: Dinâmica de Funcionamento do Kanban - Usinagem Verde

A dinâmica de movimentação dos cartões Kanban na usinagem de acabamento é diferente. Conforme pode ser observado na figura 4.15, esse quadro não possui uma área reservada para os cartões correspondentes aos itens manufaturados que estejam na área do tratamento térmico.

Dessa forma, no momento em que um lote de itens manufaturados sai do tratamento térmico, o operador dessa área passa no quadro Kanban da usinagem verde, retira o cartão correspondente ao número do item manufaturado em questão da área reservada para o tratamento térmico e envia esse lote de itens manufaturados junto com o cartão Kanban, que ele acabou de apanhar, para o supermercado de itens semi-acabados.

Conforme comentado anteriormente, ao se adotarem duas cores de cartões Kanban procurou-se deixar claro o ponto de troca dos cartões, o qual ocorre quando um lote de item manufaturado semi-acabado entra na primeira operação de seu processo final de acabamento.

Nesse momento, o cartão de cor verde (usinagem verde) volta ao seu quadro Kanban de origem e um cartão cinza do quadro Kanban de acabamento (usinagem dura) é colocado na régua de tempos, simulando o início da usinagem desse lote.

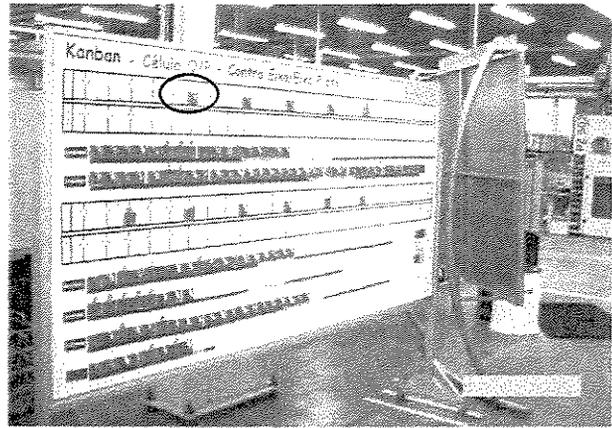
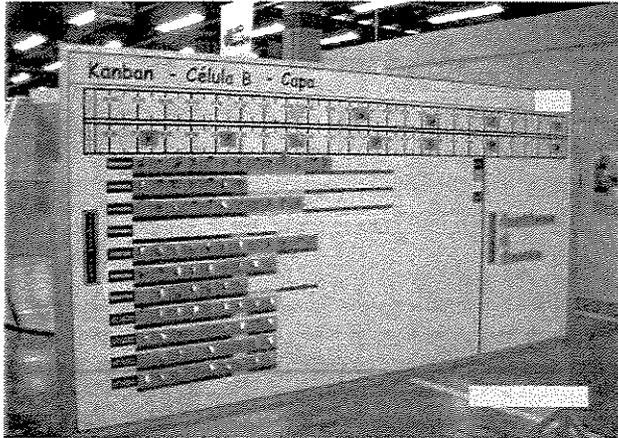
A figura 4.19 ilustra a dinâmica de movimentação dos cartões Kanban entre o supermercado de semi-acabados e os quadros Kanban da usinagem de acabamento.

Analisando-se as figuras 4.18 e 4.19 fica evidente como ocorrem as movimentações dos cartões Kanban verde e cinza, e o ponto de troca dos mesmos. Dessa forma, é possível visualizar a estratégia de implementação do Sistema Kanban na manufatura como um todo.

Por outro lado, poderia ficar uma dúvida nesse ponto do trabalho: como o tratamento térmico saberia o que tratar primeiro em caso de dois itens manufaturados chegarem ao mesmo tempo, uma vez que não havia um quadro Kanban nessa área ?

Tal hipótese foi analisada no decorrer deste trabalho e assim como as diversas maneiras possíveis de contornar esse problema, uma vez que o tratamento térmico já se constitui uma restrição de fluxo. Com a intenção de não tirar a visão do processo como um todo dos operadores da usinagem verde, conforme comentado anteriormente, a forma escolhida de resolver essa questão foi sinalizar no chão da área de tratamento térmico as três cores do Kanban em todos os seus processos (forno, shot peen/clean, prensa).

Do supermercado de semi-acabados, um lote de peças entra no processo de acabamento



O cartão Kanban verde volta ao seu ponto de origem

Figura 4.19: Dinâmica de Funcionamento do Kanban - Usinagem de Acabamento

Dessa forma, o operador da usinagem verde, ao levar um lote de peças ao tratamento térmico, colocava-o em cima da cor que estivesse representada no seu quadro Kanban da usinagem verde. Com isso, a prioridade do sistema como um todo estaria mantida mesmo que o cartão não fosse enviado à área do tratamento térmico. A sinalização desse sistema Kanban no chão pode ser visualizada na figura 4.20.

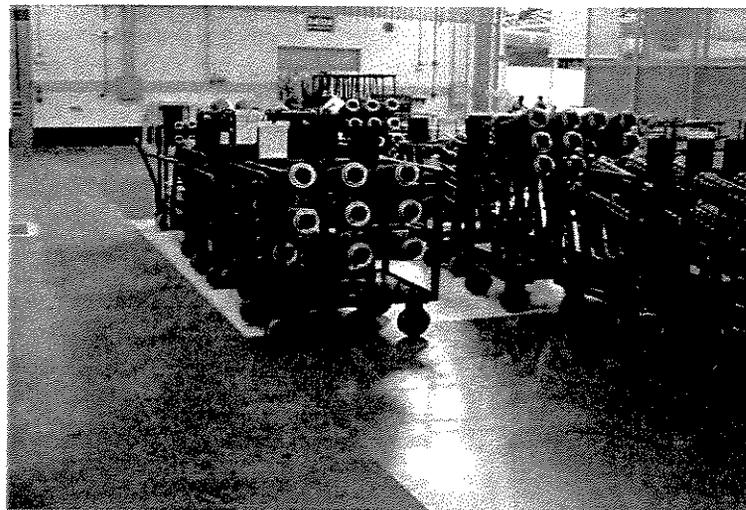


Figura 4.20: Kanban Visual na área de Tratamento Térmico

Como o tratamento térmico apresenta os mesmos ciclos de tratamento para todas as engrenagens, caso dois itens de engrenagens vindos de duas células de usinagem verde diferentes estivessem ambas no vermelho, em seus respectivos quadros Kanban, para que não houvesse dúvida de qual tratar primeiro, o facilitador da área de usinagem verde, por deter o domínio de todas aquelas células, determinaria em um quadro de prioridades qual a seqüência crítica de tratamento a ser seguida. A figura 4.21 ilustra o formato desse quadro de prioridades.

Figura 4.21: Quadro de Prioridades

No decorrer de todo este trabalho, esse quadro chegou a ser usado muito poucas vezes. Em uma dessas ocasiões, o quadro da figura 4.21 foi usado durante a quebra de um equipamento crítico da usinagem verde, o qual, devido ao alto tempo gasto nessa manutenção, acabou sendo o responsável pelo consumo do supermercado de semi-acabados de dois itens com alto tempo de resposta.

4.6.2 – Link do Kanban Manufatura com Quarto de Ferramentas

Segundo Shingo (1996), os Sistemas Kanban não são senão um meio para atingir um fim. Em outras palavras, o Kanban é apenas uma ferramenta para operar o sistema de produção ou manufatura. A real essência está na melhoria continuada e total dos sistemas de produção.

De acordo com Monden (1998), para se atingir uma produção nivelada é preciso buscar a redução do lead time de produção, o qual só poderá ser atingido com lotes pequenos de produção, os quais por sua vez, só são possíveis pela redução dos tempos de setup. Ainda segundo Monden (1998), se o sistema de Manufatura não buscar melhorias contínuas, todo o esforço de introduzir um Sistema Kanban poderá ser em vão.

Para que fosse possível dimensionar o Sistema Kanban desse Ambiente de Manufatura com uma margem menor de segurança e com lotes menores na faixa verde (lote setup), tendo como base as afirmações de Shingo (1996) e Monden (1998), foi desmenbrado, para o quarto de ferramentas existente nesse Ambiente de Manufatura, um quadro Kanban de setup.

Na literatura pesquisada, é bastante comum os autores utilizarem o termo “tool room” para se referirem ao local onde ferramentais, matrizes, e ou outros tipos de ferramentas são armazenados como forma de se buscar a redução do tempo externo ao se preparar para a realização de um setup.

Para manter o padrão de linguagem com a do Ambiente de Manufatura em análise, irá se utilizar o termo Quarto de Ferramentas toda vez que se fizer menção ao termo “tool room”.

Sem entrar em maiores detalhes, por não ser o objetivo deste trabalho, o funcionamento do quarto de ferramentas ocorre com a solicitação de Kit de ferramental por parte dos operadores para que seja feito o setup de uma determinada célula de manufatura por completo.

Todo o ferramental é centralizado nesse quarto de ferramentas e os Kits de setup contêm todo o ferramental necessário para montar todas as máquinas de uma determinada célula de manufatura. Esse conceito de centralização do ferramental e a entrega em Kits permitiram um maior gerenciamento desse quesito no Ambiente de Manufatura em análise e, reduções bastante consideráveis da parcela de tempos externos do setup.

Conforme ilustrado na figura 4.22, o quadro Kanban de setup faz o link com os quadros Kanban das células de usinagem estabelecendo as prioridades de montagem dos Kits de acordo

com a sinalização das régua de cores dos quadros Kanban das usinagens. Dessa forma permite um link bastante forte da estratégia de implementação de um Sistema Kanban com a estratégia de redução de setup buscada por esse Ambiente de Manufatura.

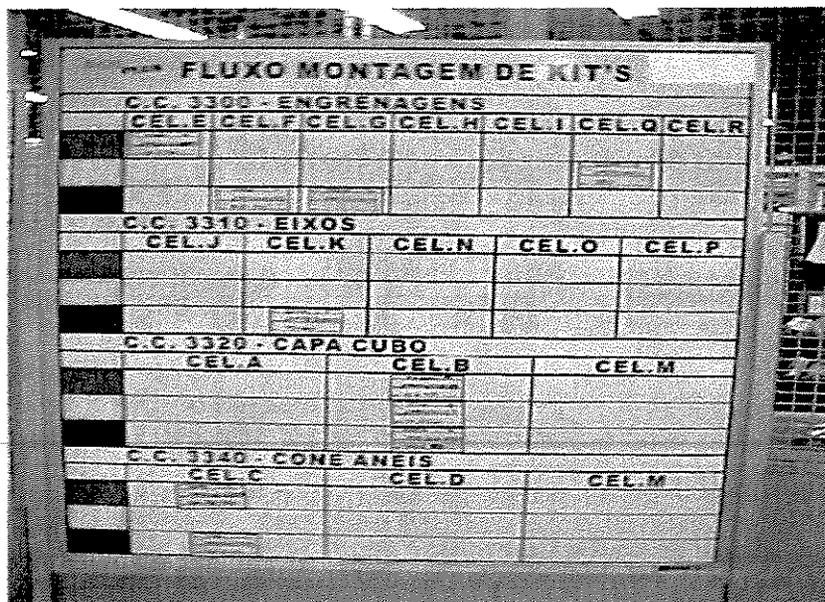


Figura 4.22: Quadro Kanban de Setup

4.7 – Kanban com Cliente

Conforme discutido ao longo deste trabalho, ter envolvido o cliente somente na última etapa do processo de implementação do Kanban, pode, a princípio, ter parecido estranho e até mesmo a adoção de uma estratégia de implementação errada; ao atingir essa etapa, porém, o Sistema Kanban da Manufatura e o da matéria-prima já estavam sedimentados; com isso, o cliente teria credibilidade e confiança na ferramenta.

Para essa implementação, foram estudadas várias formas de se fazer o link com o cliente, o qual está a cerca de 3 horas de distância por estrada do Ambiente de Manufatura em análise. Entre essas várias formas, foram avaliados o Kanban eletrônico, a exemplo do implementado para matéria-prima, cartão disparo e Heijunka Box.

De comum acordo com o cliente, optou-se pelo sistema de “bolsas” o qual será explanado em maiores detalhes. Com esse sistema, ao invés de termos cartões, a figura do caminhão de transporte passa a ser o cartão Kanban, e o sistema implementado (bolsas), um Kanban de duas gavetas.

A principal vantagem desse sistema foi absorver as alterações do mix de entrega por parte do cliente, ao mesmo tempo em que se mostrou, sob a ótica do cliente, um sistema bastante flexível para todos os modelos de kits de transmissões.

Para o Ambiente de Manufatura em análise, a criação das “bolsas” permitiu a criação de um ambiente auto-gerenciável para o pessoal da expedição. O inventário acarretado por essa decisão foi analisado e não representou um penalti significativo, pois já estava contemplado na estratégia de inventário definida pela alta administração da empresa. A figura 4.23 ilustra as “bolsas” de embarque criadas, o Kanban de duas gavetas ou Kanban de retirada.



Figura 4.23: Bolsas de Embarque (Kanban de duas gavetas)

Para que o número de kits de transmissões que essas bolsas iriam comportar fosse determinado, foram analisados o sistema de transporte acordado com o cliente, a capacidade de carga desse sistema, a composição dos kits, a demanda do cliente e o interesse dele em ter

flexibilidade de pedir kits diversos com alteração de mix definida, muitas vezes em cima da hora de embarque.

O sistema de transporte acordado tinha capacidade de levar 80 kits por viagem, desde que os kits fossem de apenas um modelo de transmissão; além disso, ao fazer pedidos diversos diariamente, essa capacidade de carga era frequentemente diminuída devido ao conceito de kit e ao desbalanceamento do número de transmissões por kit, conforme já comentado no decorrer deste trabalho.

Por outro lado, a variação constante de modelo de kits por embarque, aliada aos pedidos de alterações de mix na última hora, acarretava muitos erros no embarque por parte do pessoal da expedição, justamente devido a montagens e desmontagens constantes dos kits.

Após analisar todos esses fatores, mais a análise da linha de montagem do cliente, chegou-se à conclusão que os embarques deveriam ser múltiplos de 36 kits cada um, o que levaria à capacidade de transporte para 72 kits por viagem do caminhão.

Dessa forma, cada uma das bolsas criadas possui kits suficientes para 36 transmissões e elas são 8 no total, sendo 2 bolsas de 36 kits cada para cada um dos quatro kits de transmissões. Assim sendo, justifica-se aqui o porquê de ter-se chamado esse sistema de Kanban de duas gavetas.

O cliente informa quais dois modelos de kits transmissões ele deseja, sendo esse o ponto de gatilho de todo esse sistema; o caminhão é carregado e automaticamente o pessoal da expedição sabe quais bolsas repor, consumindo assim itens do supermercado de produtos prontos e puxando todos os demais pontos desse sistema Kanban implementado.

Como esse sistema Kanban implementado está dimensionado com os múltiplos dos 36 kits; ao montar um kit, os cartões Kanban são consumidos de forma balanceada entre todos os 26 itens manufaturados que compõem um kit de transmissão.

O gráfico 4.1 mostra um gráfico de entrega onde ficam evidentes o ponto de implementação do Kanban com o cliente e o impacto dessa implementação, a unidade desse gráfico é o número de kits entregues ao cliente por dia.

Pode-se observar no gráfico 4.1 que, a partir dessa implementação, todos os embarques passaram a ser múltiplos de 36 kits.

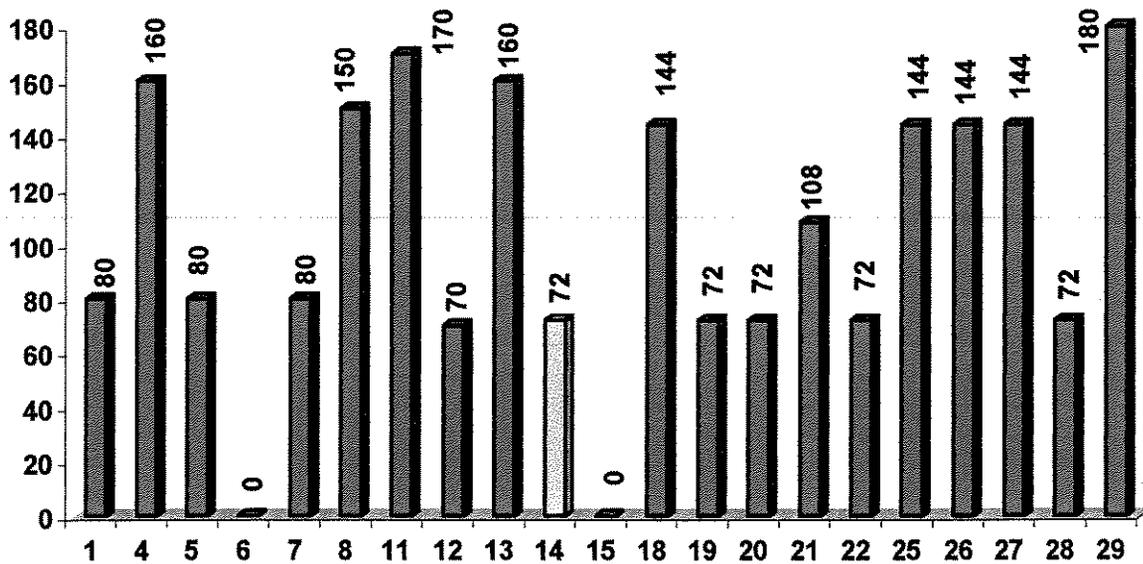


Gráfico 4.1: Gráfico Diário de Entrega e o Ponto de Implementação

Analisando a figura 4.24, podem-se observar os pontos em que foram colocados os quadros Kanbans das usinagens verdes e de acabamento, o local do Kanban visual do tratamento térmico e a área das bolsas de embarque. Os círculos vermelhos sinalizam os pontos onde estão os quadros Kanban, os quadrados em roxo mostram os pontos do tratamento térmico que trabalham com o Kanban visual e a elipse verde sinaliza o ponto de aplicação do Kanban de duas gavetas (bolsas de embarque).

Após a implementação da estratégia definida e descrita neste trabalho, um novo mapa esquemático do fluxo de valor foi confeccionado com a nova fotografia do Ambiente de Manufatura em análise, o qual pode ser observado na figura 4.25.

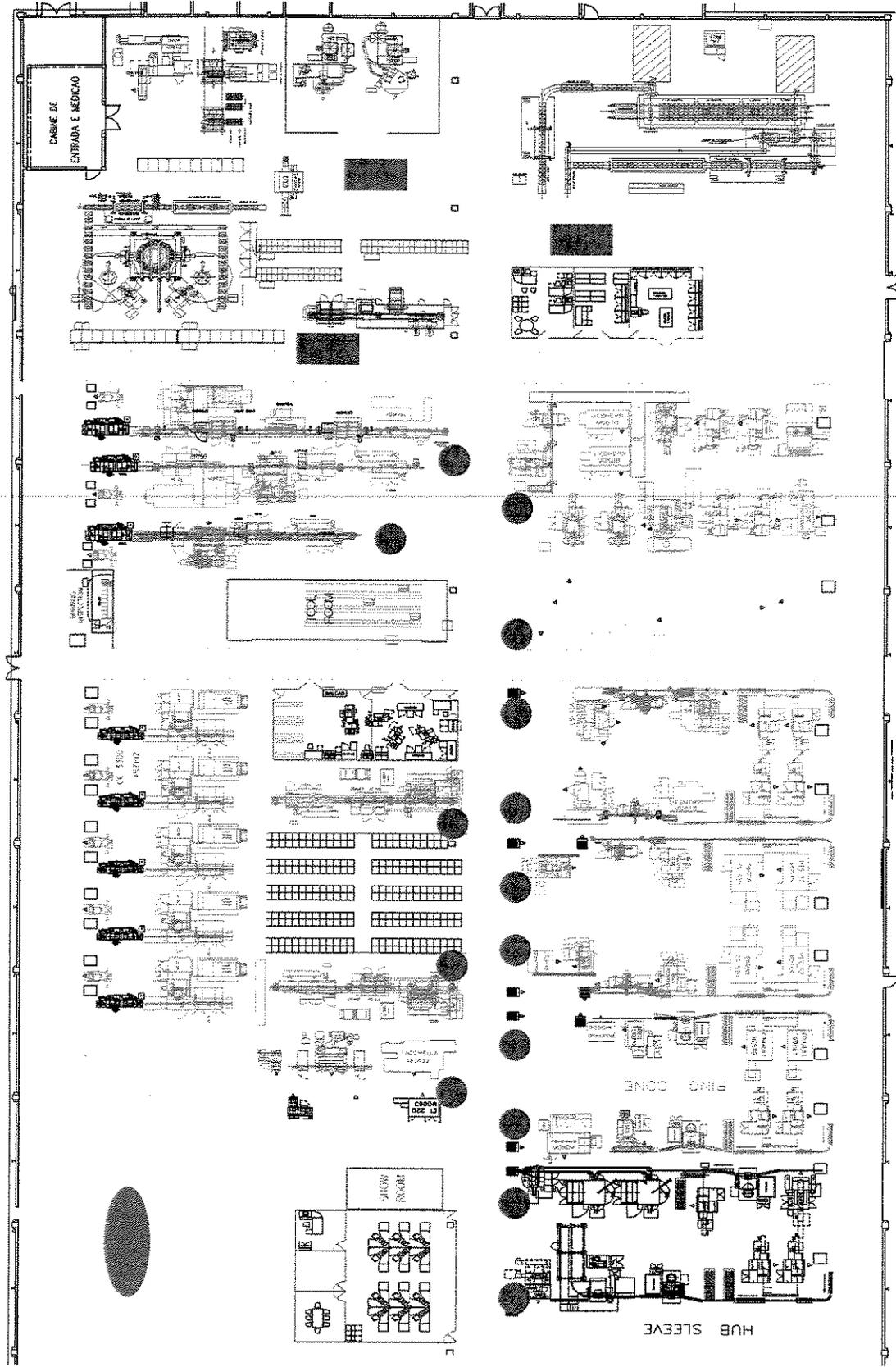


Figura 4.24: Panorama do Sistema Kanban implementado

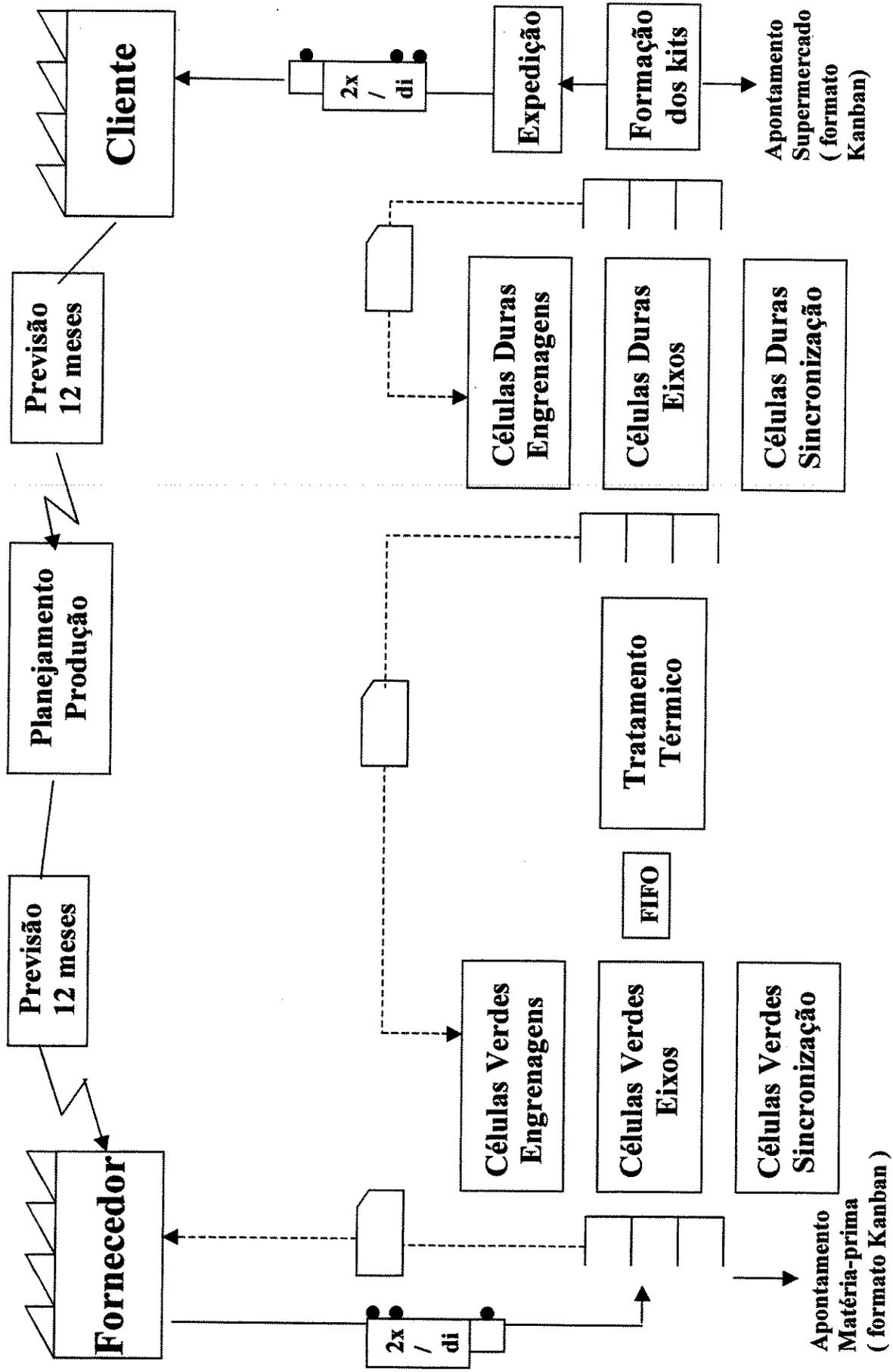


Figura 4.25: Mapa Esquemático do Fluxo de Valor do Estado Atual

Da análise desse novo mapa esquemático do fluxo de valor da figura 4.25, algumas conclusões apresentadas a seguir podem ser observadas. O Ambiente de Manufatura em questão tornou-se um ambiente de gestão mais fácil e visual, com os operadores tomando decisão do quê produzir, suportados pelo Sistema Kanban. Os supermercados passam a ser controlados pelo pessoal do planejamento, os quais são responsáveis por redimensionar esse sistema em caso de alterações significativas de mix pelo cliente ou alterações da estratégia de inventário definidas pela alta administração da empresa.

A falta de itens manufaturados foi bastante minimizada pelo nivelamento dos kits imposto pelo Kanban. O cliente passou a ditar o ritmo desse Ambiente de Manufatura, ao exercer sua função de gatilho e puxar os kits de transmissões da expedição, através do caminhão de embarque. As grandes restrições de fluxo relatadas no decorrer deste trabalho encontram-se protegidas pelos supermercados desse Ambiente de Manufatura.

Consolidando e resumindo a estratégia de implementação do Sistema Kanban proposto, a figura 4.26 ilustra a dinâmica desse sistema a partir de um embarque de kits ao cliente, o que consome itens manufaturados do supermercado de itens prontos para que ocorra a montagem de novos kits e o conseqüente retorno do cartão Kanban (cor cinza) para o quadro Kanban do acabamento. A partir desse instante um contentor de peças é retirado do supermercado de itens semi-acabados e entra em processo de usinagem. Quando sua usinagem estiver terminada, as peças são enviadas ao supermercado de itens prontos junto com o cartão de cor cinza.

Ao se retirar um contentor de peças do supermercado de itens semi-acabados, o cartão Kanban de cor verde que acompanhava esse lote retorna ao quadro Kanban da usinagem verde; esse processo dispara o consumo de forjado e um novo lote entra em processo de usinagem para então ser enviado ao tratamento térmico e após tratado, ser enviado ao supermercado de itens semi-acabados.

Com o consumo de forjado, o Kanban eletrônico de matéria-prima é reportado para a Forjaria de Valinhos que o repõe no próximo embarque.

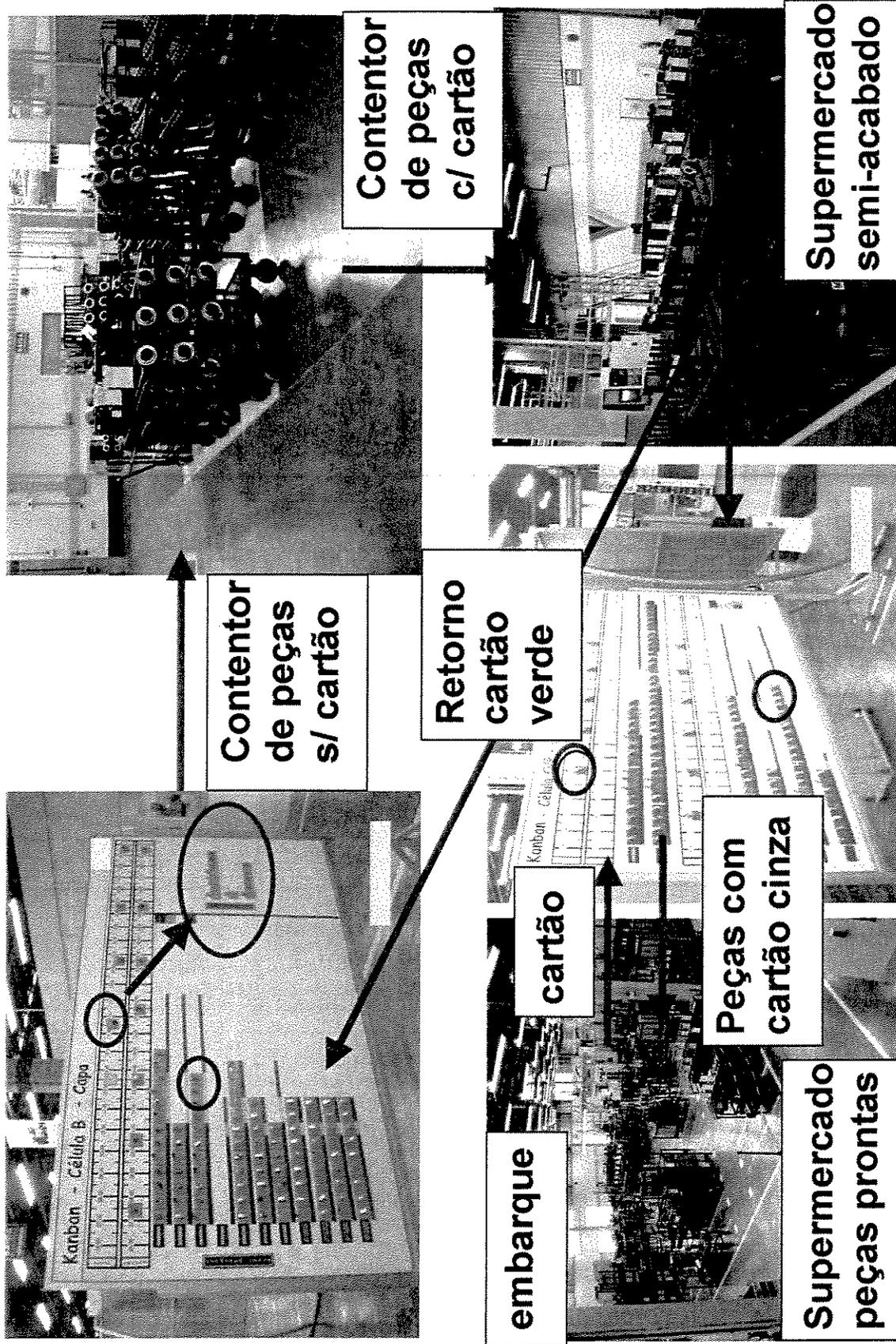


Figura 4.2.6: Dinâmica do Sistema Kanban Implementado

4.8 – Sistema Gerencial de Informação

Após a implementação do sistema Kanban do Ambiente de Manufatura em análise, ficou evidente a necessidade de se criar um sistema de informação gerencial que permitisse à alta administração e aos supervisores uma rápida visualização da situação desse Ambiente de Manufatura, sem que para isso fosse necessário percorrer todos os quadros Kanban implementados.

Por outro lado, uma vez que a manufatura estava trabalhando em toda sua extensão de forma visual, nada mais interessante que esse sistema de informação, além de visual, fosse muito parecido com as réguas dos quadros Kanban.

Esse relatório deveria permitir também uma rápida tomada de decisão por parte do comando, em caso de uma eventual decisão errada por parte dos operadores. É importante ficar claro que a decisão do quê produzir era dada pelo Kanban e tomada pelos operadores; o comando só interviria nessa decisão caso esse relatório sinalizasse algo errado.

A figura 4.27 ilustra o relatório gerencial criado para refletir o status do Ambiente de Manufatura em análise. Ao se observar esse relatório, é possível visualizar claramente o status da usinagem de acabamento e o status da expedição desse Ambiente de Manufatura.

Fazendo-se uma analogia aos quadros Kanban, o relatório constitui um quadro Kanban invertido; ou seja, quanto mais o supermercado de produtos acabados está completo e nivelado, mais cartões teremos representados nesse relatório, e com isso menos crítica será a situação desse Ambiente de Manufatura para atender seu cliente.

4.9 – Melhoria do sistema de movimentação

Aliada à estratégia de implementação de um Sistema Kanban nesse Ambiente de Manufatura e à formação dos kits de transmissões e conseqüentemente os kits de abastecimento, havia a necessidade de se melhorar o conceito de movimentação de forma a permitir uma pré-montagem dos kits de abastecimento na Manufatura durante a última operação do processo de fabricação.

Observando novamente as figuras 4.3, 4.4 e 4.5 pode-se notar que alguns kits de abastecimento possuem um único item manufaturado e alguns kits possuem até seis itens manufaturados diferentes.

Analisando a montagem desses kits mais de perto, pode-se observar que alguns itens manufaturados são enviados já acoplados com suas respectivas peças pares, como, por exemplo, as engrenagens de velocidade e seus anéis sincronizadores, as capas e cubos de sincronização, entre outros.

As composições dos kits de abastecimento não foram alteradas no decorrer deste trabalho em função da maneira como são utilizados na linha de montagem do cliente, e em função do peso final dos carrinhos que compõem os kits, conforme comentado no decorrer deste trabalho.

Até o presente estudo, toda a montagem dos kits era feita na área de expedição, acarretando em um tempo de montagem bastante elevado, conforme comentado no decorrer deste trabalho.

Essa situação poderia ser mantida sem influenciar em nada o sistema de puxar a produção implementado, desde que, tendo adotado um múltiplo do cliente final como múltiplo do Kanban de acabamento; ambos os itens manufaturados, que eram enviados acoplados, possuíam os mesmos múltiplos, e com isso, teriam seus cartões retornando ao mesmo tempo.

Por outro lado, a expedição ao receber os dois itens manufaturados separadamente iria necessitar de um espaço maior para o supermercado de produtos acabados; sem contar no tempo de formação dos kits, já comentado no decorrer deste trabalho.

Assim sendo, foi proposto que parte da operação de montagem dos kits fosse desempenhada pelo pessoal da manufatura, na última operação do processo fabricação dos itens manufaturados.

Dessa forma, voltando-se à análise do Ambiente de Manufatura em questão, foi possível relembrar que, por não terem operação de acabamento, os cubos poderiam ir para a área de acabamento de peças de sincronização, e assim serem enviados acasalados com suas respectivas capas de sincronização para a área de expedição.

Os cartões Kanban de ambos os itens manufaturados (cubos e capas) acompanhariam o lote de peças acasaladas; e quando consumidos esses itens, os cartões de ambos os itens voltariam para seus respectivos quadros Kanban de usinagem ao mesmo tempo.

Tendo como base esse raciocínio, os anéis sincronizadores poderiam ser enviados às células de acabamento de engrenagens quando prontos, ao invés de serem enviados à área de expedição. Assim sendo, as engrenagens de velocidade e os anéis sincronizadores já iriam acoplados para a área de expedição, junto com os cartões Kanban de ambos os itens.

Estendendo-se esse raciocínio aos demais componentes enviados acoplados ou acasalados, foi possível reduzir a área necessária para o supermercado de produtos acabados em cerca de 20%, sem interferir no Sistema Kanban implementado; ao mesmo tempo propiciou ao pessoal da expedição uma maior agilidade e rapidez na formação dos kits de abastecimento e, conseqüentemente, na reposição das bolsas de embarque, conforme as mesmas eram consumidas.

A esse novo conceito de movimentação e formação de sub-conjuntos com o auxílio do Kanban deu-se o nome de “load carriers”.

Dessa maneira ao invés de se ter 57 racks de itens manufaturados diferentes chegando à área da expedição, reduziu-se esse número para 42 racks diferentes, sem demérito algum do Sistema Kanban implementado.

4.10 – Resultados Obtidos

As propostas apresentadas no decorrer deste trabalho foram implementadas ao longo do primeiro semestre do ano de 2003, tendo-se estabelecido o link do Sistema Kanban com o cliente desse Ambiente de Manufatura entre os meses de Julho e Agosto do mesmo ano.

Conforme ilustrado no gráfico 4.1, a partir do estabelecimento desse link, as taxas de envio dos kits de transmissão ao cliente passaram a ocorrer a uma taxa cujos múltiplos eram de 36 kits, ou seja, justamente a quantidade de kits estabelecida para cada uma das bolsas de embarque (kanban de duas gavetas ou kanban de retirada).

Para medir a eficiência do Sistema Kanban implementado e a correta definição da estratégia de implementação desse sistema, foram escolhidos alguns indicadores que pudessem refletir o status do Ambiente de Manufatura em análise, antes e após a realização deste trabalho.

Um dos indicadores escolhidos foi a porcentagem de dias ao longo do mês em que os kits solicitados não foram enviados ao cliente devido à falta de um ou mais itens manufaturados. Esses dados podem ser visualizados no gráfico 4.2 e foram obtidos dividindo-se o número de dias sem envio de kits ao cliente pela quantidade de dias úteis de cada um dos meses considerados no gráfico.

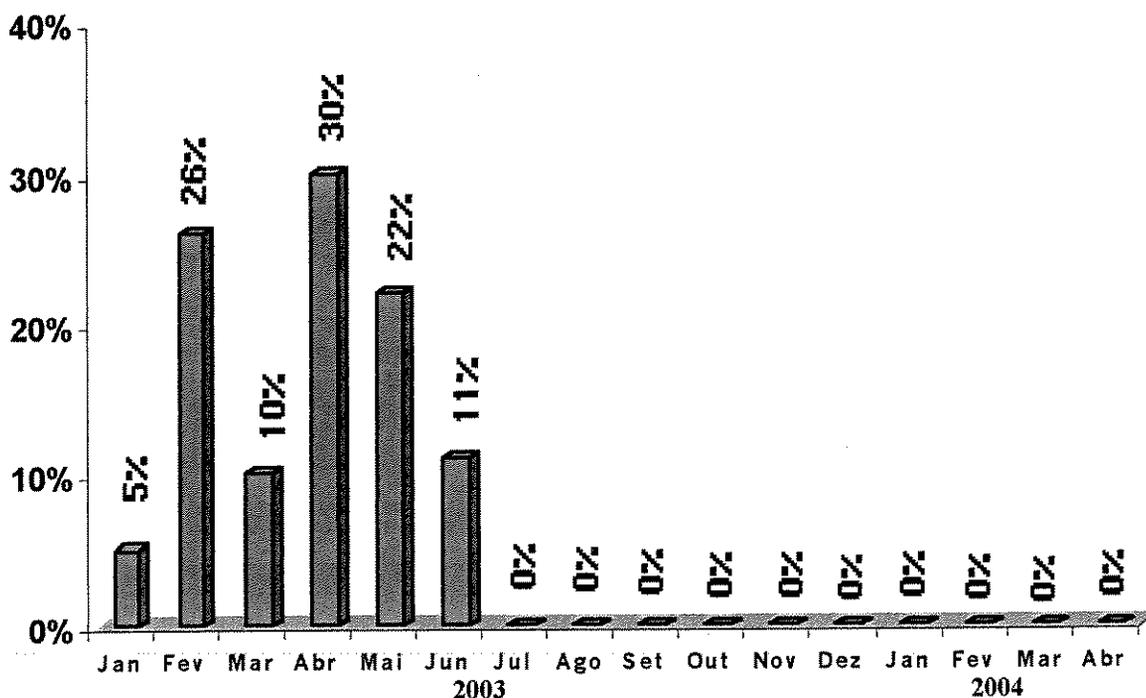


Gráfico 4.2: Gráfico Porcentagem de dias sem envio de kits

Conforme pode-se observar ao analisar o gráfico 4.2, a porcentagem de dias em que os kits não foram enviados vem se reduzindo ao longo dos meses, após ter atingido um pico de cerca de 30%, e tem se mantido a uma taxa de 0%.

Com essa análise fica evidente que houve após a implementação do Sistema Kanban, um nivelamento dos itens manufaturados, e com isso os kits não mais deixaram de ser enviados por falta de itens manufaturados.

Um segundo indicador escolhido foi a porcentagem de entrega, exatamente para medir qual porcentagem dos kits solicitados foi efetivamente entregue. Esse indicador pode ser visualizado no gráfico 4.3 e foi obtido dividindo-se a quantidade de kits entregue pela quantidade de kits solicitada pelo cliente desse Ambiente Manufatura.

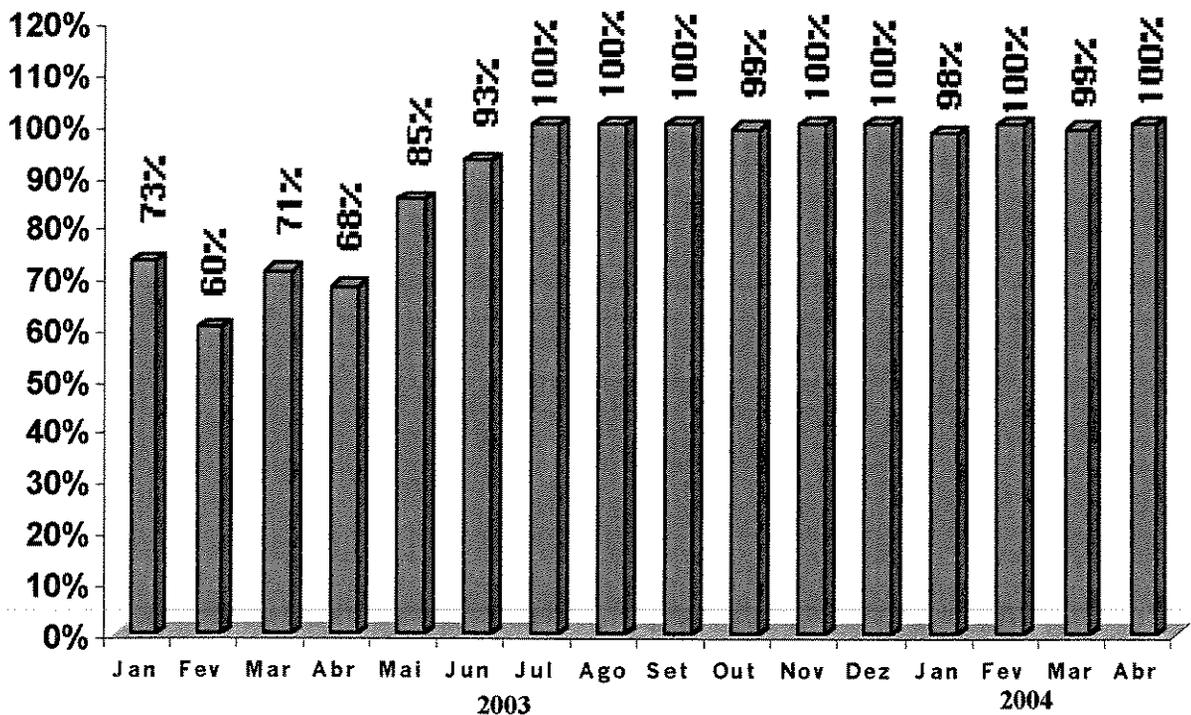


Gráfico 4.3: Gráfico da Porcentagem de Entrega

Da análise do gráfico 4.3, pode-se observar uma tendência de crescimento das entregas até a estabilização do programa de entrega em 100% do programa solicitado. Esse é mais um indicador que reforça o nivelamento dos itens manufaturados no supermercado de produtos acabados, sem o qual esses resultados não poderiam ter sido obtidos.

Verifica-se no gráfico 4.3 alguns meses com uma porcentagem de entrega 1 ou 2 pontos percentuais abaixo de 100%, os quais estão sendo desprezados dessa análise por se tratarem de uma amostra muito pequena perto da estabilidade de entrega obtida com o desenvolvimento desse trabalho; e por esse Ambiente Manufatura ter passado pelas mesmas dificuldades de obtenção de matéria-prima, a exemplo do que ocorreu com as indústrias nacionais e estrangeiras que atuam no mesmo mercado com o reaquecimento do mercado mundial.

Um terceiro indicador escolhido foi a curva de crescimento do programa de produção realizado, o qual mede a quantidade de kits produzidos. Esse indicador pode ser visualizado no gráfico 4.4.

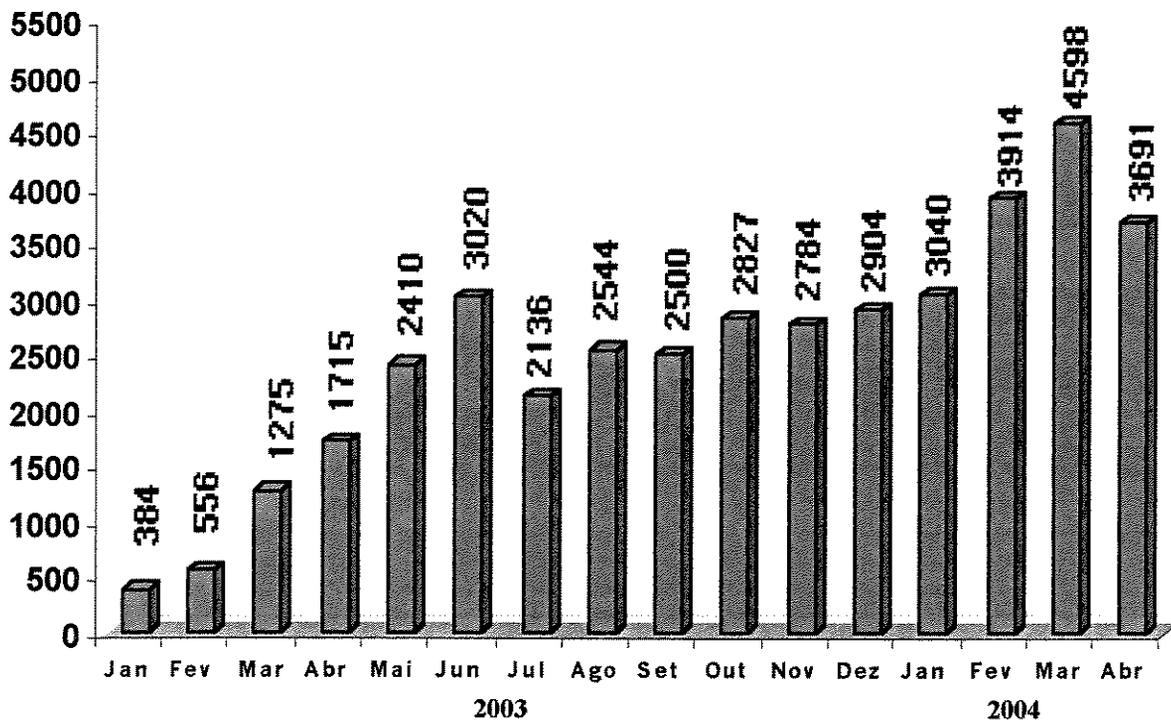


Gráfico 4.4: Gráfico do Crescimento do Programa de Produção

Pode-se observar, ao analisar o gráfico 4.4, um crescimento nos volumes de produção, até um certo limite e, após esse ponto, uma queda do mesmo e novamente após seis meses dessa queda, um novo crescimento do programa de produção. É importante salientar, nessa análise, que a queda visualizada em Julho deve-se à queda de vendas e não a eventuais decaídas do sistema implementado.

Esse indicador, a princípio, pode não ser de grande utilidade para se analisar a eficácia desse trabalho em atingir os objetivos aos quais havia se proposto, uma vez que o crescimento do programa de produção poderia ter sido obtido as custas de altos índices de inventário; porém servirá de base para a análise do gráfico 4.6, o qual reporta o giro de inventário desse Ambiente Manufatura.

Adicionalmente ao gráfico 4.4 do crescimento do programa de produção e para servir, também, de base para a análise do gráfico 4.6, o gráfico 4.5 reporta o inventário em dias do Ambiente Manufatura estudado.

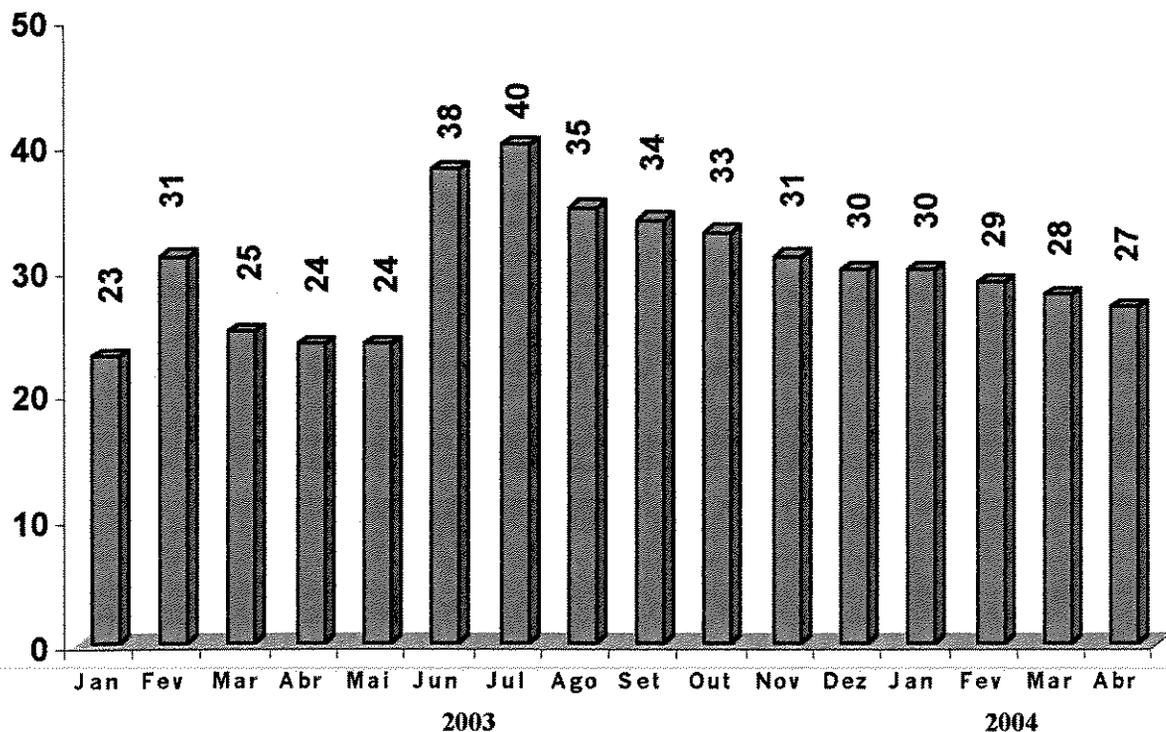


Gráfico 4.5: Gráfico Inventário em dias

Analisando o gráfico 4.5, observa-se um aumento do inventário nos meses em que ocorreram as implementações dos quadros Kanban na manufatura. Tal situação pode ser explicada, em parte, pela equalização dos itens manufaturados que estavam desnivelados; e deve-se também, ao fato de, no momento de consolidar-se o inventário, embora ele seja medido para todos os itens manufaturados, levar-se em consideração o item de maior volume, como se fosse esse o montante de kits represados.

Após esse período, observa-se o início da queda de inventário a patamares menores e com uma forte tendência de queda.

Um ponto importante, que precisa ser comentado ao se analisar o gráfico 4.5, é que foi feita no decorrer deste trabalho, uma confirmação de saldo sendo encontrado um número maior de itens manufaturados do que aquele reportado no sistema computacional desse Ambiente de Manufatura. Esse fato contribuiu de forma significativa, para que os números de inventário reportados nos primeiros meses do ano não tivessem uma boa medida de comparação.

De qualquer forma, chegou-se à conclusão de que mesmo com esse ruído na análise desse indicador, o mesmo não poderia deixar de ser levado em consideração neste trabalho; uma vez que, após a completa implementação do sistema Kanban proposto, o inventário desse Ambiente de Manufatura tem diminuído de forma constante e acentuada.

Conforme comentado anteriormente, uma melhor compreensão dos resultados obtidos nesse trabalho e um melhor entendimento dos dados reportados nos gráficos 4.4 e 4.5 pode ser visualizado no gráfico 4.6, o qual mostra o giro de inventário desse Ambiente Manufatura e foi obtido pela divisão do programa de vendas pelo inventário em dias.

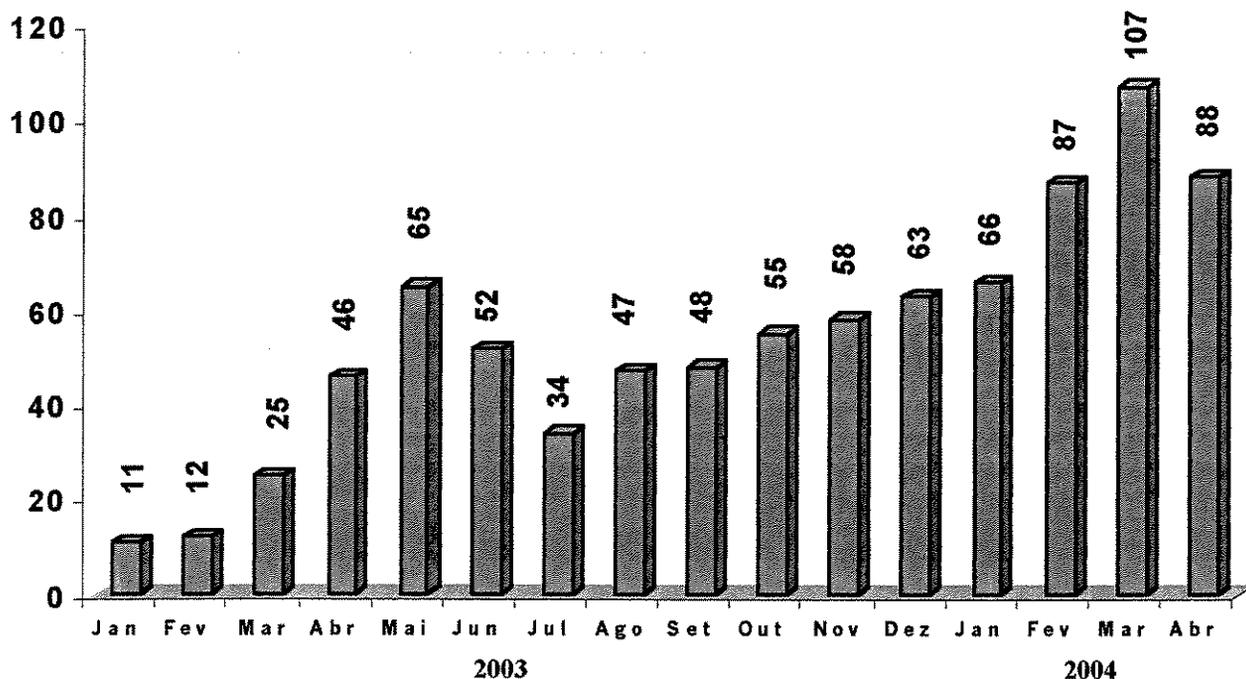


Gráfico 4.6: Gráfico Giro Inventário

Analisando o gráfico 4.6 e ao se calcular uma taxa média de giro inventário, observa-se um giro médio de 57 vezes entre Janeiro e Junho de 2003, e um giro médio de 103 vezes entre Julho 2003 a Abril de 2004; esses dados ressaltam que os objetivos propostos para esse trabalho foram atingidos.

Além disso é preciso enfatizar que ao mesmo tempo em que a estratégia de implementação do Kanban era aplicada, esse Ambiente Manufatura passava por um processo de crescimento dos níveis de produção passando dos 60.000 Kits de capacidade anual para 100.000 Kits de capacidade anual.

4.11 - Considerações finais

No decorrer deste capítulo foram apresentadas as características do Ambiente de Manufatura em análise, assim como deixou-se claro qual o impacto causado pela diversidade de componentes, restrições de fluxo e envio de itens manufaturados na forma de kits.

Ao se analisarem todas essas variáveis, ficou evidente que o Sistema Kanban não poderia ser simplesmente implementado na sua forma mais clássica, seria necessário utilizar-se de mais de uma forma de implementação desse sistema para contornar todas as variáveis encontradas.

Combinando essas diferentes formas do Sistema Kanban com uma correta estratégia de implementação desse sistema, pode-se obter sucesso na implementação dessa poderosa ferramenta do Sistema Manufatura Enxuta.

O sucesso obtido pode ser avaliado pelo conjunto de indicadores escolhidos para essa finalidade, assim como pelo estudo do Mapa Esquemático do Fluxo de Valor do Ambiente de Manufatura em análise, antes e após a implementação do Sistema Kanban.

Assim como o Sistema Kanban implementado permitiu aos operadores a tomada de decisão do quê produzir, a criação de um relatório gerencial permitiu ao comando desse Ambiente de Manufatura a reportagem do status desse sistema de produção de forma clara, visual e nos mesmos moldes dos quadros Kanban. E tudo isso sem que o comando precisasse percorrer todos os quadros Kanban implementados.

A alteração do conceito de movimentação desse Ambiente Manufatura permitiu uma montagem dos kits mais rápida na expedição assim como um ganho de área pela redução da quantidade dos “load carriers”.

Durante todo esse estudo e no decorrer da implementação da estratégia definida, ou seja aplicando-se a metodologia da pesquisa ação, o autor desse trabalho deparou-se com alguns obstáculos que uma vez vencidos devem ser assimilados e compartilhados como lições aprendidas.

Embora o comando desse Ambiente Manufatura tenha participado desde o início dos estudos, ele apresentou uma certa resistência à implementação do Sistema Kanban. Esse fato ocorreu devido essas pessoas estarem acostumadas a planejar a produção e com o Kanban essa função passou para os operadores, gerando a sensação por parte do comando de perda do controle da situação desse Ambiente Manufatura em um primeiro momento e uma maior disponibilidade para gerir pessoas após a implementação.

O apoio da alta administração a esse projeto foi de extrema importância durante o primeiro mês após a implementação do Sistema Kanban pois ao ocorrerem os primeiros erros de movimentação dos cartões, a tendência foi cancelar o sistema implementado e voltar o planejamento da produção ao comando desse Ambiente Manufatura.

O primeiro dimensionamento do Sistema Kanban foi feito sem a participação do comando desse Ambiente Manufatura o que gerou um certo desconforto e resistência a sua implementação, sendo superado no segundo redimensionamento do Kanban com a participação dessas pessoas, que se converteu na seqüência em apoio a sua implementação.

Durante a formação dos supermercados de itens semi-acabados e itens prontos, a tendência foi não respeitar o tamanho do lote de produção entre a realização de dois setups (faixa verde dos quadros) porém com o passar do tempo os operadores perceberam que fazendo isso na verdade acabavam sendo obrigados a fazerem mais setups do que realmente era necessário e

havia sido planejado; nessa etapa, o apoio do comando ajudando a orientar as pessoas foi fundamental para o sucesso da implementação.

A adoção de dois circuitos de cartões Kanban com duas cores diferentes (verde e cinza) e com dois múltiplos diferenciados, os quais representavam seus respectivos clientes (interno e externo) permitiu a todos desse Ambiente Manufatura uma melhor visualização da estratégia adotada para os supermercados de peças e por outro lado, o retorno dos cartões de maneira mais ordenada, facilitando o processo de auditoria do sistema com o auxílio do relatório de informação gerencial desenvolvido.

Resumindo, obstáculos surgiram e foram vencidos com sucesso a partir do momento que todos os envolvidos nesse Ambiente Manufatura entenderam a estratégia definida e participaram de maneira ativa de sua implementação.

O próximo capítulo apresenta as conclusões do trabalho, assim como sugere alguns temas para serem abordados em trabalhos futuros.

Capítulo 5

Conclusão e Recomendações

No decorrer deste trabalho foi apresentado que o Sistema Toyota de Produção, ou ainda Manufatura Enxuta, consiste em um conjunto de práticas e ferramentas que objetivam a obtenção de um sistema produtivo mais eficiente, seja através de respostas mais rápidas aos pedidos dos clientes, seja por produtos com mais qualidade, seja por produtos com baixos custos de produção, seja por flexibilidade de mix e volume, ou seja, ainda, por um conjunto de todos esses fatores.

Dentre essas práticas, o Sistema Kanban mostrou-se como uma eficiente ferramenta para se atingir a produção puxada, contribuindo para o nivelamento dos itens produzidos, e por produzir somente aquilo que está sendo demandado.

Analisando o Ambiente de Manufatura, alvo deste trabalho, e as soluções apresentadas para contornar as restrições de fluxo, a diversidade de componentes e garantir o envio de componentes na forma de kits, observa-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos ao se implementar um Sistema Kanban em toda sua cadeia produtiva e ao se criar um sistema de informação gerencial, que reporta o status desse Ambiente de Manufatura de forma clara e objetiva para a alta administração.

Diferente do relato de muitos autores, como Monden, Shingo, Tardin, esse trabalho apresenta uma estratégia de implementação de um Sistema Kanban, mostrando uma seqüência

lógica de implementação; ao mesmo tempo sinaliza a importância da aplicação das diferentes formas do Kanban para contornar as variáveis dos sistemas produtivos, bastante comuns nas indústrias metalúrgicas atuais, ao invés de um modelo de implementação clássico, com a utilização somente de cartões Kanban.

Por outro lado, aborda também um método de cálculo bastante simples para o dimensionamento dos cartões Kanban, levando em consideração a estratégia de inventário definida pela alta administração das empresas.

Por fim, o presente trabalho deixa evidente que não basta apenas implementar o Sistema Kanban ao longo de toda a cadeia produtiva de um Ambiente de Manufatura. É preciso monitorá-lo e permitir uma reportagem gerencial de seu status. Este trabalho sinaliza, ainda, a importância de se melhorar o conceito de movimentação para suportar o Kanban, buscando ganhos de espaço físico e minimizar os obstáculos que possam ser criados para que os materiais possam fluir de maneira simples.

Resumindo, segundo Womack e Jones (1996), *“não basta ver, tem que enxergar”*.

Concluindo este trabalho, como sugestão para trabalhos futuros, ficam os temas abaixo:

√ A implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em uma indústria de fluxo contínuo, por exemplo a produção de produtos alimentícios ou químicos;

√ A implementação de um Sistema Kanban em uma indústria que apresente um processo com alto tempo de ciclo e que esse processo seja compartilhado por diferentes unidades dessa empresa; cuja entropia gerada, muito provavelmente, incorra em estratégias de implementação diferentes para as unidades, mas que precisem ser casadas para o sucesso total da implementação dessa poderosa ferramenta da Manufatura Enxuta;

√ A implementação dos conceitos de Manufatura Enxuta em uma indústria que trabalhe com bens de capital e com lotes unitários de produção.

Referências Bibliográficas

- Agostinho, O.L. *Sistemas de Manufatura vol. I*, Campinas, UNICAMP, 1997.
- Bicheno, John. *The Lean Toolbox*. Buckinham: PICSIE Books, 2000, 201p.
- Black, J.T. *O Projeto da Fábrica com Futuro*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1998, 281p.
- Campos, Luiz Dalmir. *Aplicação do conceito de mentalidade enxuta ao projeto de sistemas de manufatura: estudo de caso*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2000, 94p., Dissertação (Mestrado).
- Cochran, D.S., Lima, P.C. *Production and Manufacturing System Design*, The Journal of Manufacturing Systems, 1999.
- Drucker, P.F. *Introdução à Administração*. São Paulo, SP, Editora Pioneira, 1998, 713p.
- Duri, C., Fren, Y., Di Masclo, M. *Comparison among three pull control policies: Kanban, base stock and generalized Kanban*, Annals of Operations Research, 2000, v.93, p.41-69
- Fujiwara, O., Yue, X., Sangarados, K., Luong, H.T. "Evaluation of Performance measures for multi-part, single-product Kanban controlled assembly systems with stochastic acquisition and production lead time", Int. J. Productivity Press, 1998, v.36, n.5, p.1427-1444.

Fumagali, A. J. *Implementação de Manufatura Enxuta em Ambiente de Montagem e Impacto de Variabilidades*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 103p. Dissertação (Mestrado)

Gupta, S.M., Al-Turky, Y.A.Y. "The effect of sudden material handling system breakdown on the performance of a JIT system", *International Journal of Production Research*, 1998, v.36, n.7, p.1935-1960

Hemamalini, B., Rajendran, C., *Determination of the number of containers, production Kanbans and withdrawal Kanbans; and scheduling in Kanban flowshops – Part I*, *International Journal of Production Research*, 2000, v.38, n.11, p.2529-2548

Hancock, W., Zaiko, M. *Lean Production: Implementation Problems*, IIE Solutions, 1998, v.30, n.6, p.38-42

Liker, J. *Becoming Lean*. New York: Productivity Press, 1998, 320p.

Lima, P.C. *Trabalhos apresentados no Curso sobre Projeto de Sistemas Manufatura com ênfase na Manufatura Enxuta*, Campinas, SP, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 1998.

Lima, P.C., Tardin, G.G. *O papel de um quadro de nivelamento de Produção na produção puxada – um estudo de caso*, *Anais do XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2000.

Monden, Y. *Toyota Production System – An integrated approach to Just-in-time*. Norcross, Georgia: Engineering and Management Press, 1998, 480p.

Moreira, D.A. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo, SP. Editora Pioneira, 1993, 619p.

Ohno, T. *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre, RS. Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1997, 149p.

Rother, M., Shook, J. *Aprendendo a enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999, 97p.

Secerino, Antônio Joaquim. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo, SP. Editora Cortez, 2000, 279p.

Shingo, Shigeo. *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA. Productivity Press, 1985, 361p.

Shingo, S. *A study of Toyota Production System*. Cambridge, MA. Revised Edition, Productivity Press, 1989, 257p

Shingo, Shigeo. *Key strategies for plant improvement*. Cambridge, MA. Productivity Press, 1987, 189p.

Shingo, S. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia Produção*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1996, 291p.

Shingo, S. *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1996, 380p.

Simon, A.T., Maestrelli, N.C., Coppini, N.L. *Conceitos de Lean Production aplicados aos processos de usinagem*, Máquinas e Metais, Aranda Editora, p.78-89, Out 2000.

Tardin, G.G. *O Sistema Puxado e o Nivelamento da Produção*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 111p., Dissertação (mestrado)

Takahashi, K., Nakamura, N. *Ordering alternatives in JIT production systems*, *Production Planning and Control*, 1998, v.9, n.8, p.784-794

Vianna, Ilca Oliveira de A. *Metodologia do Trabalho Científico – Um enfoque didático da produção científica*. São Paulo, SP. Editora Pedagógica e Universitária, 2001, 288p.

Yu, M.C., Greene, T.J., *The effects of routing flexibility in a multi-stage pull-type system*, *International Journal of Production Research*, 2000, v.38,n.16, p.3725-3746

Womack, J., Jones, D., Roos, D. *A máquina que mudou o mundo*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, 347p.

Womack, J.P.; Jones, D.T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas – Elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus, 1996, 347p.

Womack, J.P., Jones, D.T. *Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection*. *Harvard Business Review*, September-October 1996, Boston, MA. Reprint n° 96511.

Bibliografia Recomendada

- Agostinho, O.L. *Sistemas de Manufatura vol. I*, Campinas, UNICAMP, 1997.
- Black, J.T. *O Projeto da Fábrica com Futuro*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1998, 281p.
- Campos, Luiz Dalmir. *Aplicação do conceito de mentalidade enxuta ao projeto de sistemas de manufatura: estudo de caso*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2000, 94p., Dissertação (Mestrado).
- Fumagali, A . J. *Implementação de Manufatura Enxuta em Ambiente de Montagem e Impacto de Variabilidades*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 103p. Dissertação (Mestrado)
- Lima, P.C. *Trabalhos apresentados no Curso sobre Projeto de Sistemas Manufatura com ênfase na Manufatura Enxuta*, Campinas, SP, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 1998.
- Monden, Y. *Toyota Production System – An integrated approach to Just-in-time*. Norcross, Georgia: Engineering and Management Press, 1998, 480p.

Ohno, T. *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre, RS. Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1997, 149p.

Rother, M.; Shook, J. *Aprendendo a enxergar – Mapeando o Fluxo de Valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil, 1999, 100p.

Rother, M.; Harris, R. *Criando Fluxo Contínuo*. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil, 2002, 104p.

Secerino, Antônio Joaquim. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo, SP. Editora Cortez, 2000, 279p.

Shingo, Shigeo. *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA. Productivity Press, 1985, 361p.

Shingo, S. *A study of Toyota Production System*. Cambridge, MA. Revised Edition, Productivity Press, 1989, 257p

Shingo, S. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia Produção*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1996, 291p.

Shingo, S. *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*. Porto Alegre, RS. Bookman Companhia Editora Ltda, 1996, 380p.

Tardin, G.G. *O Sistema Puxado e o Nivelamento da Produção*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001, 111p., Dissertação (mestrado)

Vianna, Ilca Oliveira de A. *Metodologia do Trabalho Científico – Um enfoque didático da produção científica*. São Paulo, SP. Editora Pedagógica e Universitária, 2001, 288p.

Womack, J.P.; Jones, D.T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas – Elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus, 1996, 347p.